



Neumann János  
Számítógép-tudományi Társaság  
Orvos-biológiai Szakosztály



UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS  
SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM



2022. november 24 – 25.

## XXXV. Neumann Kollokvium

# Az egészségügyi informatika COVID előtt és COVID után





Neumann János  
Számítógép-tudományi Társaság  
Orvos-biológiai Szakosztály



UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS

SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM



# Az egészségügyi informatika COVID előtt és COVID után

A XXXV. Neumann Kollokvium  
konferencia kiadványa

Szegedi Tudományegyetem, Szeged  
2022. november 24-25.

Szerkesztők:

Bari Ferenc, Rárosi Ferenc, Szűcs Mónika  
Szegedi Tudományegyetem

Szerkesztők:

Bari Ferenc, Rárosi Ferenc, Szűcs Mónika

Borítóterv: Magyar Márk

Kiadta a Neumann János Számítógép-tudományi  
Társaság

Szeged, 2022

ISBN 978-615-5036-22-4

Az egészségügyi informatika COVID előtt és COVID  
után

XXXV. Neumann Kollokvium

© Neumann János Számítógép-tudományi Társaság. Minden  
jog fenntartva.

© John von Neumann Computer Society. All Rights Reserved

## Bevezető

„Számítástechnikai és kibernetikai módszerek alkalmazása az orvostudományban és a biológiában” címmel 1970-ben indította útjára a Neumann-kollokvium rendezvénysorozatot Kalmár László akadémikus a szegedi József Attila Tudományegyetem Kibernetikai Laboratóriumából. A Neumann János Számítógép-tudományi Társaság Orvos-biológiai Szakosztálya néhány éves szünet után 2012 óta ismét rendszeresen, rendezi meg a Kollokviumot. Külön örömünkre szolgál, hogy az NJSZT iTF keretében elkészült az "[Arcképek a magyar egészségügyi informatika történetéből](#)" c. tanulmány, és az arra épülő [on-line Arcképcsarnok](#), amelyeket a Szimpózium résztvevőinek a figyelmébe ajánljuk.

Mint minden tudományos társaság életében, nálunk is komoly fennakadást jelentettek a COVID-19 járvány és a hozzá kapcsolódó korlátozások. Ezért külön öröm, hogy 2022-ben ismét személyes részvétel mellett rendezhetjük meg a szimpóziumot.

A kétnapos konferencia újfent lehetőséget teremt arra, hogy a különböző tudományos műhelyek képviselői bemutatkozzanak, közzé tegyék legújabb eredményeiket. A bejelentett előadások mindegyike érdekes területre fókuszál. Örömmel tapasztaltuk, hogy egyre nagyobb érdeklődés van a telemedicina iránt és bemutatkoznak az élettudományi 3D nyomtatással foglalkozó műhelyek is. A konferencia programja hűen tükrözi azokat a kihívásokat, amelyekkel az egészségügyi informatika művelői nap, mint nap szembesülnek. Beteg adatokat gyűjtünk és tárolunk, kísérletezünk és mérünk, majd egyre pontosabb módszerekkel törekszünk a lényegi információ megtalálására és bemutatására. Népegészségügyi mutatókra, tendenciákra,

ok-okozati összefüggésekre igyekszünk rámutatni. Gyakorlatias megoldásokat keresünk informatikai kérdésekre. Tesszük mindezt annak érdekében, hogy minél többet megtudjuk az életjelenségekről és az egészségügyi makro és mikro folyamatairól, és hogy mindezt a tudást a közjó szolgálatába tudjuk állítani.

A Kollokvium, a szó eredetileg párbeszédet, beszélgetést jelent. A családi légkör, a kötetlenség bizonyára ebben az évben is jellemzője lesz a szegedi rendezvénynek. Kívánom, hogy ebben az esztendőben se legyenek fel nem tett és megválaszolatlan kérdések.

A szervezők nevében köszöntöm a Kollokvium résztvevőit, eredményes tudományos munkát és termékeny, tartalmas beszélgetéseket kívánok mindannyiunknak.

Szeged, 2022. november 24.

Bari Ferenc

## **Tudományos bizottság**

### **Elnök:**

Surján György, *Országos Kórházi Főigazgatóság Neumann János  
Számítógép-tudományi Társaság Orvos-biológiai Szakosztály*

### **Tagok:**

Balkányi László, *Pannon Egyetem*

Bari Ferenc, *Szegedi Tudományegyetem*

Bertalan Lóránt, *Semmelweis Egyetem*

Fogarassyné Vathy Ágnes, *Pannon Egyetem*

Jobbágy Ákos, *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem*

Kósa István, *Szegedi Tudományegyetem*

Nagy István, *Gottsegen György Országos Kardiológiai Intézet*

Nyári Tibor, *Szegedi Tudományegyetem*

Rárosi Ferenc, *Szegedi Tudományegyetem*

Szűcs Mónika, *Szegedi Tudományegyetem*

Tolnai József, *Szegedi Tudományegyetem*

Vassányi István, *Pannon Egyetem*

## Tartalomjegyzék

<i>Tudományos eredmények disszeminációja és transzparenciája – a hunvascddata.hu példája</i> .....	1
<i>Új elektronikus egészségügyi fejlesztések a gyógyszer- és gyógyászati segédeszköz ellátásban</i> .....	7
<i>A FHIRcast szabvány bemutatása</i> .....	14
<i>Az elektronikus betegdokumentáció klinikai gyógyszerészeti vonatkozásai</i> .....	20
<i>Betegút szimuláció szoftver bevezetése a Skill laborokba – út a központi betegút menedzseléshez</i> .....	25
<i>A COVID hatásai a kiberbiztonságra</i> .....	30
<i>Személyes adatokat tartalmazó adatállományok entrópiája</i> .....	38
<i>Security of IT systems in healthcare institutions</i> .....	45
<i>Other physiological effects of light pollution from outdoor lighting systems</i> .....	51
<i>A kardiológiai ellátórendszer ellátási hálózatának vizsgálata, hálózat tudomány módszertanai alapján</i> .....	57
<i>Kardiológiai rehabilitációs betegutak elemzése</i> .....	63
<i>Effects of spectrally tuneable dynamic lighting on work performance</i> .....	69
<i>Szívultrahang-leletek és az ICD-11 MMS fogalmi terének elemzése és összekapcsolása tudásmérnöki eszközökkel – gyakorlati tapasztalatok és elméleti lehetőségek</i> .....	75
<i>Aesthetic experiences registered by high density EEG: a functional connectivity study</i> .....	82
<i>Analysis of the Effects of Input Parameter Settings on the Quality of Electrophysiological Signal Decomposition in Empirical Mode Decomposition</i> .....	90

<i>Telemedicánálisan támogatott metabolikus szindrómás páciensek diétaadherenciája</i> .....	99
<i>Informatikával támogatott kertészkedés idős emberek egészségmegőrzése és revitalizálása céljából</i> .....	103
<i>Egészségfejlesztő szoftver tervezése általános iskolásoknak</i> .....	107
<i>Memóriaszínek vizsgálata</i> .....	113
<i>Mentális hanyatlás felismerésére szolgáló módszer fejlesztése 3100 fő 8 évnyi online játékait követő adatbázis segítségével</i> .....	118
<i>„Légzés félelem nélkül” – Virtuális valóság alapú légzés javító játék tervezése post és long-Covid szindrómában szenvedő betegek rehabilitációjára</i> .....	124
<i>Android alapú alkalmazás tervezése 1-es típusú cukorbeteg gyermekek tanítására</i> .....	130
<i>Ultrahangos képalkotáshoz használható 3D nyomtatott fantomok előállítása és vizsgálata</i> .....	136
<i>3D nyomtatott tracheamodell fejlesztése légzésmechanikai vizsgálatokhoz</i> .....	142
<i>Betegfolyam szimuláció kórházi folyamatok modellezésére és optimalizálásra</i> .....	149
<i>A Prosthetic Hand Controlling using Deep Learning- Computer Vision Approach and EMG Signals</i> .....	156
<i>A veleszületett rendellenességek területi eloszlásának vizsgálata</i> .....	162
<i>Insulin sensitivity prediction using quantile regression</i> .....	167
<i>Gyerekkori daganatos betegségek morbiditásának és mortalitásának vizsgálata Magyarországon 1999-2021 között</i> .....	173
<i>Öngyilkosság általi halálozások alakulása 2020-ban Magyarországon</i> .	177



## **Tudományos eredmények disszeminációja és transzparenciája – a hunvascddata.hu példája**

Ferenci Tamás<sup>1, 2</sup>, Kováts Tamás<sup>3</sup>, Kolossváry Endre<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Óbudai Egyetem, Élettani Szabályozások Kutatóközpont,  
ferenci.tamas@nik.uni-obuda.hu, Budapest, Bécsi út 96/b.

<sup>2</sup> Budapesti Corvinus Egyetem, Statisztika Tanszék, Budapest, Fővám tér 8.

<sup>3</sup> Semmelweis Egyetem Egészségügyi Menedzserképző Központ,  
kovats.tamas@emk.semmelweis.hu, 1125 Budapest, Kútvölgyi út 2.

<sup>4</sup> Dél-budai Centrumkórház Szent Imre Egyetemi Oktatókórház, Angiológia  
Profil, kolossendre@gmail.com, 1115 Budapest Tétényi u 12-16

**Összefoglaló:** Előadásunkban két, szorosan összefüggő és manapság kiemelt jelentőségű témát fogunk érinteni. Az egyik kérdés a tudományos eredmények disszeminációja: mind a közbeszéd, mind a szakajtó gyakran emlegeti, hogy a kutatási eredmények a laikusok számára sokszor nem, vagy csak nehezen hozzáférhetőek. E probléma különösen élesen jelentkezik a népegészségügyi információk terén, ahol ezeknek az információknak sokszor közvetlen hatása volna emberek egészségére és életére. A másik kérdés maguknak a kutatásoknak a transzparenciája (ideértve a módszertan hozzáférhetőségét, a reprodukálhatóságot, a limitációk közérthető feltárását) és különösen az epidemiológiai jellegű adatok olyan – széleskörű és nyilvános – elérhetősége, melyet csak az adatvédelmi szabályok korlátoznak. A transzparencia azért kulcskérdés, mert alapeleme a bizalom megteremtésének, miközben napjainkban példátlanul súlyos problémaként jelenik meg a bizalomhiány az egészségügy, orvostudomány területén. Előadásunkban röviden bemutatjuk a HUNVASCDATA projektet, mely egy fontos népegészségügyi kérdés, az érbetegség miatt szükségessé váló alsó végtagi amputációk epidemiológiájának vizsgálatát tűzte ki célul, adminisztratív-finanszírozási adatok alapján. Ezt követően hangsúlyosan kitérünk a hunvascddata.hu honlapra, mely, amellet, hogy a kutatási eredményeknek is részletes, több mélységi szintre lebontható bemutatását adja, lehetővé teszi a weboldal látogatói számára is, hogy saját elemzéseket végezzenek (természetesen az adatvédelmi szabályok maximális betartásával). Nem titkolt célunk, hogy a projekt és a weboldal általában is példamutatóul szolgáljon hasonló kutatások eredményközléséhez és transzparenciájához. Hiszünk abban, hogy a honlap mögötti megfontolás, amely kiemelkedő jelentőségűnek látja az

**adatvezérelt egészségügyi szolgáltatás szervezését, a kutatások átláthatóságát, a nyílt és őszinte kommunikációt, a tudáshoz való széleskörű hozzáférés biztosítását, a döntéshozók szakmai kérdésekben való korrekt tájékoztatását, a lakosság partnerként való kezelését, az a hozzáállás, mely egy bizalmon nyugvó, jól működő és hatékony népegészségügy alappilére lehet.**

## **Bevezető**

A tudományos kutatási eredmények elérhetővé tétele a tudomány egész fejlődését végigkísérő kérdés. Noha a tudományos publikációk rendszere sok száz éves hagyományra tekint vissza, és ez alatt megszámlálhatatlan sok változáson, fejlődésen ment keresztül, hogy adaptálódjon a folyamatosan változó igényekhez, minden korban jelen voltak jellemző hiányosságok és nyitott kérdések e terén. Két, napjainkban gyakori felvetést említünk most meg, hogy bemutassuk kutatócsoportunk ezekre adott válaszait.

Az egyik az eredmények közérthető, hozzáférhető, laikusok számára is elérhető bemutatása. A kérdés nem triviális, hiszen a tudományos publikációk nem csak a nyelve és nyelvezete nem kedvező ehhez, de pusztán a mennyisége is sokszor nehézség (gyakran még a kutatóknak is). A másik kérdéskör a transzparencia területe (ideértve a módszertan hozzáférhetőségét, a reprodukálhatóságot, a limitációk közérthető feltárását). A népegészségügy területén kiemelt kérdés az epidemiológiai információk elérhetősege, minél szélesebb körben, és olyan részletességgel, melyet csak az adatvédelmi szempontok korlátoznak. Ennek számos oka van, de kiemelendő a szerepe a közbizalom megteremtésében és építésében [1]. Ennek a jelentősége napjainkban különösen komoly, amikor a bizalomhiány általában is sok orvosi, egészségügyi területen jelentkezik [2], és különösen éles krízishelyzetekben [3].

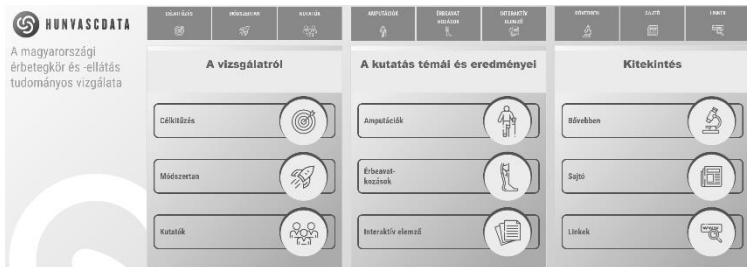
## **Módszer**

A HUNVASCDATA projekt az alsó végtagi érbetegség miatt szükségessé váló amputációk epidemiológiáját vizsgálja adminisztratív finanszírozási adatok alapján. Az ilyen adatok alkalmazása relatíve újszerű, és bár sok limitációval bír (adatminőség, részletes klinikai adatok hiánya), de nagyon sok izgalmas lehetőséget is nyit meg, mindenképp a páratlanul nagy populációról történő adatgyűjtés, és a hosszú időbeli lefedés révén [4].

A projekt kapcsán elért eredményekről számos közleményben számoltunk be [5-7].

E közleményeken túl azonban célul tűztük ki az eredmények közvélemény számára is elérhetőbb prezentálását, ideértve az érdeklődő laikusokat is. Ezen túlmutató célokat is megfogalmaztunk: Magyarországon kevésbé szokványos módon felvállaltuk a háttérben lévő epidemiológiai

adatok strukturált, kutatható – de az adatvédelmi korlátoknak természetesen megfelelő – közlését is.



1. ábra A HUNVASCDATA projekt weboldalának nyitóképe.

Mindezek megfelelő formátumaként egy saját fejlesztésű honlapot választottunk, mely megfelelő webes technológiákkal lehetővé teszi a kulcsfontosságú kérdések megoldását: az információk hierarchizált, testreszabható mélységű prezentálását, valamint az adatok interaktív elemizhetőségének lehetőségét. A pontos megoldás kialakításához számos pozitív nemzetközi példát is tanulmányoztunk, mint amilyen a Dartmouth Atlas of Health Care [8] vagy a spanyol Atlas VPM [9].

A weboldal alapvetően PHP-bázisra épül, az adatok kezelését egy SQL-adatbázis végzi, a vizualizáció D3 [10] és Plotly [11] alatt történt. A feltöltött adatok a 2004-2019 időintervallumot fedik le.

## Eredmények

Az elkészült honlap a <https://hunvascddata.hu/> weboldalon nyilvánosan elérhető. Az alábbiakban csak néhány fontos, és reményeink szerint általánosabb tanulságokkal is bíró részt emelünk ki. A weboldal nyitóoldalát az 1. ábra mutatja.

Amint látható, a weboldal három alapvető területre fókuszál: egyrészt bemutatja a vizsgálat tágabb kontextusát, ideértve a kutatókat, a célkitűzést, és egy általános módszertani leírást.

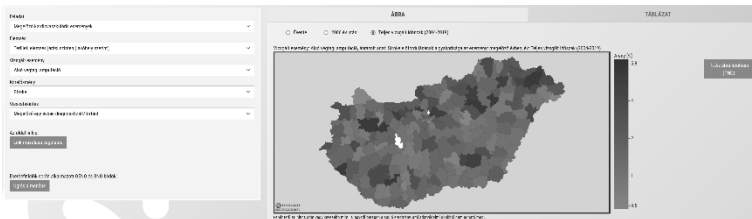
A második blokkban a két alapvető érgyógyászati kérdéskörben (amputációk és érbeavatkozások) elért eredményeink részletes, elsősorban szakmai olvasóknak, érdeklődő laikusoknak szóló, részletekre is kitérő leírása található. Itt is figyeltünk azonban, hogy – az informatikai lehetőségek

támogatásával – a tárgyalás mélysége minél jobban testreszabható legyen, minél jobban meghatározhassa az olvasó egyéni érdeklődésének megfelelően. Erre mutat példát a 2. ábra, melyen látható, hogy a különböző mélységű részek egyesével, pontról-pontra nyithatóak le.

Kiemelendő ebből a blokkból még az Interaktív elemző pont, ami lehetővé teszi, hogy a honlapot látogató maga kezdeményezzen valamilyen tematikus lekérdezést, illetve elemzést (3. ábra). Jelen pillanatban három funkciót támogat ez a pont: társbetegségi elemzést, a megelőző kardiovaszkuláris események elemzését és az incidenciák elemzését. Valamennyi esetben végezhetünk területi és időbeli elemzést, ez utóbbit megyei és járási szinten (ideértve Budapest esetében a kerületeket is), valamint mód van annak meghatározására is, hogy a területi egységet az esemény helyszíne vagy a beteg lakhelye alapján jelenti-e. Természetesen minden esetben mód van az esemény típusának kiválasztására, ami lehet alsó végtagi amputáció, endovaszkuláris beavatkozás, érbeavatkozás, külön major- és minor amputáció, nyitott érsebészeti beavatkozás, illetve comb- és lábszárszintű amputáció. A társbetegségek és a megelőző kardiovaszkuláris események a közismert Elixhauser-komorbiditási rendszer [12] listájáról kerültek ki. A megelőző események elemzésénél a look-back periódus, tehát, hogy a múltban mikor detektált események számítanak a vizsgálatban állítható (megelőző egy évben vagy bármikor). Incidenciák elemzésénél választható nyers, vagy – ESP 2013 szerint [13] – standardizált incidenciák, illetve ez esetben a nem szerint is szűkíthető az eredmény. A területi vizsgálatok idő szerint (adott év, teljes tartomány, 2006 utáni tartomány), az időbeli vizsgálatok terület szerint (járások és megyék egyaránt) szűkíthetőek. Az eredmények megjeleníthetők térképen és táblázaton, illetve le is tölthetőek.



2. ábra Részlet az amputációkra vonatkozó eredményekből, mely mutatja a tárgyalás mélységének egyéni testreszabhatóságát



3. ábra A honlap Interaktív elemző felületének működése.

Fontos hangsúlyozni az adatvédelmi szempontok szerepét. A honlap természetesen kizárólag aggregált, nem egyedi adatok megjelenítését teszi lehetővé, de ennél is tovább mentünk: azért, hogy a beteg jellemzők, időszak és a lakóhely (megyei és járási szint) adatoknak még az együttese se azonosítható egyes személyt, még aggregált adatot sem közlünk akkor, ha azzal 10-nél kevesebb számú beteg került volna azonosításra. Végezetül biztonsági okokból a honlap mögötti tárhelyen egyáltalán nem szerepelnek, még kívülről nem látható módon sem, egyedi adatok (így a szerver feltörése sem járhat adatszivárgással). Ennek ára, hogy valamennyi elvileg lehetséges eredményt előzetesen, off-line módon ki kellett számolnunk.

Végezetül a harmadik blokk további részleteket, releváns irodalmi hivatkozásokat, a publikált tudományos cikkeink elérhetőségét tartalmazza az érdeklődő olvasók számára.

## Következtetések

Az elkészült honlap lehetővé teszi a kutatási eredmények szokásos tudományos publikációknál jobban hozzáférhető, szélesebb kör számára elérhető megismerését, ideértve a hazai szakmai közönséget és az érdeklődő laikusokat is. E mellett egyedülálló módon lehetővé teszi a honlap látogatói számára, hogy saját maguk is elemzéseket végezzenek; legjobb tudásunk szerint ilyen lehetőség, nyilvánosan, bárki számára hozzáférhetően, magyarázatokkal ellátva, semmilyen más orvosi területen nem érhető el jelenleg Magyarországon.

Természetesen számos további fejlesztés képzelhető el; fontos is hangsúlyozni, hogy a munka nem végleges állapotot tükröz, a fejlesztések folyamatosan zajlanak. Ehhez minden észrevételt, kritikát, javaslatot örömmel veszünk és igyekszünk beépíteni, ezzel is erősítve a munka közösségi, kollaboratív jellegét.

Reméljük, hogy ez a honlap a konkrét érgyógyászati területen túl is példaként szolgálhat és inspirálóan hathat más orvosi területek számára is. Elgondolásunk szerint a kutatási adatokhoz való transzparens módon történő

széleskörű hozzáférés, az eredményekről történő nyílt és őszinte kommunikáció, a döntéshozók és az érdeklődők korrekt tájékoztatása, mind olyan eleme törekvésünknek, mely hozzájárulhat egy a bizalmon nyugvó, jól működő és hatékony népegészségügyi tervezésnek.

## Hivatkozások

- [1.] P. O'Malle, J. Rainford, A. Thompson, "Transparency during public health emergencies: from rhetoric to reality". *Bulletin of the World Health Organization*, vol. 87, pp. 614-618, 2009.
- [2.] M. Goldenberg. *Vaccine hesitancy: public trust, expertise, and the war on science*. University of Pittsburgh Press, 2021.
- [3.] J. Liu, Y. Shahab, H. Hoque, "Government Response Measures and Public Trust during the COVID-19 Pandemic: Evidence from Around the World". *British Journal of Management*, vol. 33, pp. 571-602, 2022.
- [4.] E. Kolossvary, T. Ferenci, T. Kovats. "Potentials, challenges, and limitations of the analysis of administrative data on vascular limb amputations in health care", *Vasa*, vol. 49, 2019.
- [5.] E. Kolossvary, T. Ferenci, T. Kováts, L. Kovács, Z. Járai, G. Menyhei, K. Farkas, "Trends in Major Lower Limb Amputation Related to Peripheral Arterial Disease in Hungary: A Nationwide Study (2004-2012)". *Eur J Vasc Endovasc Surg*, vol. 50, pp. 78-85, 2015.
- [6.] E. Kolossvary, T. Ferenci, T. Kováts, L. Kovács, Z. Szeberin, P. Sótónyi, et al, "Lower Limb Amputations and Revascularisation Procedures in the Hungarian Population: A 14 Year Retrospective Cohort Study". *Eur J Vasc Endovasc Surg*, vol. 59, pp. 447-456, 2020.
- [7.] E. Kolossvary, T. Ferenci, T. Kováts, L. Kovács, K. Farkas, Z. Járai, "Regional variation of lower limb major amputations on different geographic scales – a Hungarian nationwide study over 13 years". *VASA*, vol. 49, pp.500-508, 2020.
- [8.] The Dartmouth Atlas of Health Care. URL: <https://www.dartmouthatlas.org/>.
- [9.] Atlas De Variaciones De La Práctica Médica En El Sistema De Salud Español- Atlas VPM. URL: <https://cienciadedatosysalud.org/atlas-vpm/>.
- [10.] D3 – Data Driven Documents. URL: <https://d3js.org/>.
- [11.] Plotly: Low-Code Data App Development. URL: <https://plotly.com/>.
- [12.] A. Elixhauser, C. Steiner, D. R. Harris, R. M. Coffey, „Comorbidity measures for use with administrative data”, *Med Care*. vol. 36, pp. 8-27, 1998.
- [13.] M. Pace, G. Lanzieri, G. Glickman, M. Grande, E. Zupanic, T., Wojtyniak et al. „Revision of the European Standard Population. Report of the Eurostat's task force”, Luxembourg, Publications Office of the European Union, 2013.

## **Új elektronikus egészségügyi fejlesztések a gyógyszer- és gyógyászati segédeszköz ellátásban**

Bertalan Lóránt

eRecept és eEgészségügy szakértő<sup>1</sup>, címzetes egyetemi tanár - mesteroktató<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ESZFK Egészséginformatikai Szolgáltató és Fejlesztési Központ, H-1123 Budapest, Alkotás utca 17-19

<sup>2</sup>Semmelweis Egyetem Egészségtudományi Kar, H-1088 Budapest, Vas u. 17.

bertalan.lorant@eszfk.hu

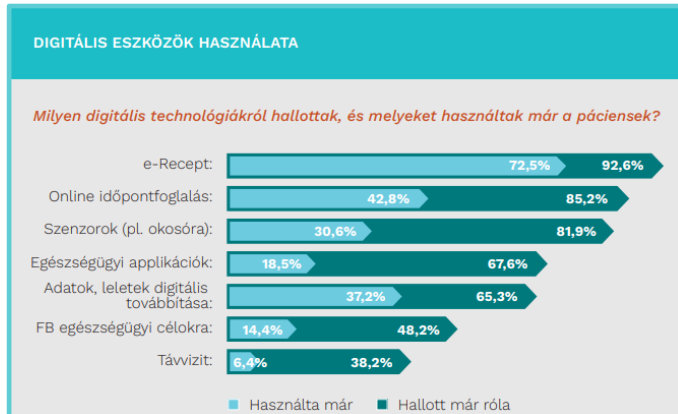
**Összefoglaló:** A cikkben bemutatom a most 5 éves EESZT és magyar gyógyszeres eRecept mérföldköveit, eddigi eredményeit, illetve az eGYSE recept bevezetés első évének tapasztalatait. Az új, élesítés előtt álló MyEESZT központi egészségügyi mobilapplikáció lakossági eHealth funkciókat fog tartalmazni. A DrBetMen nevű betegéletút menedzsment szolgáltatás protokoll-leképzésekkel támogatja a betegségek korai felismerését, a beteg- és kezelé irányítást, a terápiakövetést és monitorozást. Az EESZT miniHIS telemedicina és telemonitoring szolgáltatásai lehetőséget biztosítanak a kistélepüléseken élők egészségügyi ellátásának javítására vagy a minőségi távolsági ellátásra, tanácsadásra a beteg otthonában is.

### **Bevezető**

Az elmúlt évek gyorsuló digitális technológiai fejlődése számos újítást hozott az egészségügyi szolgáltatások területén. Magyarországon a 2017-ben létrejött Elektronikus Egészségügyi Szolgáltatási Tér (EESZT) teremtette meg az alapot az egészségügy digitális továbbfejlesztésére és egyben fordulópontot is jelentett, mind az egészségügyi ellátások szervezése és dokumentációja, mind az egészségügyi adatok felértékelődése tekintetében. Az magyar egészségügyben az elektronizációt, a telemedicinális betegellátási szolgáltatások térnyerését segítették a COVID pandémia távolságtartási és izolációs intézkedései is.

Egy - a 18-59 éves nők körében végzett reprezentatív kutatás szerint - 2022-re az EESZT az egyik legismertebb és leghasznosabbnak tartott digitális egészségügyi megoldásává vált (Inspira Research, 2022. szeptember). A Semmelweis Egyetem által a lakosság körében végzett másik országos, reprezentatív kutatás azt is megerősítette, hogy az elektronikus vényírást és

kiváltást lehetővé tevő legnagyobb EESZT-modul, az eRecept lett a legismertebb digitális egészségügyi technológia 2021-ben.



4. ábra: Digitális Egészségügyi Megoldások az Orvoslásban. 1500 fős országos, reprezentatív lakossági felmérés 2021. október 5-13, Semmelweis Egyetem Magatartástudományi Intézet Digitális Egészség munkacsoport

## Módszer és eredmények - A fejlesztések részletes leírása

### *Gyógyszeres eRecept mérföldkövei, eredményei*

Az ellátórendszer alkalmazkodásának segítésére az ágazatvezetéssel, a jogalkotóval, a társhatóságokkal és a szakmai érdekképviseltekkel együttműködésben a digitalizációhoz fokozatos átmenetet biztosítottunk. 2017. november 1-jei indulást követően a gyógyszeres eRecept szolgáltatásnál a papíralapú munkafolyamatoktól való elszakadás - így a papíralapú felírási igazolások kivezetése - több szakaszban valósult meg. Tavaly év eleje óta, - így az eGYSE recept modul bevezetésekor is (2021. november 1.) - az orvos vényekkel kapcsolatos papirkiadási kötelezettsége már csak a beteg külön kérésére vonatkozik vagy csak kivételes esetekre korlátozódik (pl. szolgáltatás kimaradás).

A gyógyszeres és GYSE eRecept bevezetések fő célja a hatásos, biztonságos, ill. költséghatékony gyógyszeres terápia elősegítése, ill. a gyógyszer- és segédeszköz ellátási folyamatok könnyítése, egyszerűsítése, jobb követhetősége volt, a lehető legteljesebb hazánkban is elérhető ICT támogatással. Az eRecept rendszerek bevezetésének legnagyobb kihívása az **EESZT és a különféle**, korábban izoláltan működő, nagyszámú, heterogén felépítésű és kommunikációjú **HIS rendszer összehangolása** volt. Az elmúlt



években számos **működés optimalizáló és üzembiztonsági fejlesztést**, mint pl. „B” Biztonsági rendszer (SP Site), un. kiadás szétválasztás és célakkreditációt végeztünk. Csupán felíró szoftverből jelenleg is 69 akkreditált rendszert használnak az egészségügyi intézményekben, rendelőkben, amelyek sajnos napjainkban is a vénykiadásnál tapasztalt hibás eRecept kitöltések leggyakoribb hibaforrása.

Már a **COVID pandémia kezdetén**, 2020 márciusában az EESZT eRecept modul használatban is jelentős előrelépés történt. A könnyített, telefonos vényfelírás és TAJ-alapú gyógyszerkiváltás bevezetése a veszélyhelyzetben az ágazat és a lakosság körében is növelte a digitális egészségügyi alkalmazások elfogadását, használatát, köztük az eReceptét is. Napjainkban már a **receptek a 97 százalékát állítják ki elektronikusan** a rendelőkben. A járványt megelőzően ez az arány stabilan 65-70% körül szorult be, 3 éves működés után is. Fontos hangsúlyozni, hogy a könnyítések ellenére is az EESZT-ben továbbra is csak orvos-páciens találkozót követően írható fel eRecept. A járvány kezdete óta ez a találkozó - a jogszabályi előírások teljesítése mellett - telemedicinális ellátás keretében is történhet.

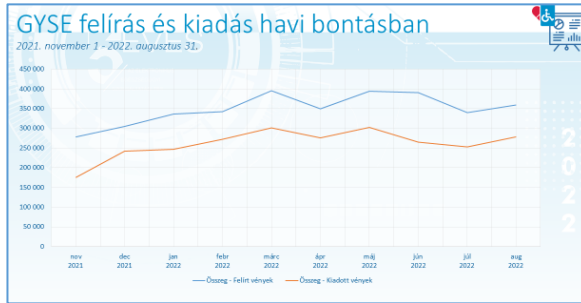
Legújabb fejlesztésként hamarosan indul a **határokon átnyúló EU-s eRecept** is „MyHealth@EU” néven. Magyarországon az EESZT-re épül a - CEF (Connecting Europe Facility) - elektronikus adatcserét ösztönző fejlesztési program is, amelyhez az Európai Unióból már 14 ország csatlakozott. A program célja, hogy első lépésként a tagországok biztosítsák a határon átnyúló szolgáltatásokat az eReceptek kiváltásánál és az eProfil (Patient Summary) lekérdezéseknél. Így a csatlakozott országok (kijelölt) gyógyszerházaiban kiváltható lesz a másik tagországban felírt elektronikus vény is. Továbbá utazás vagy más célú külföldi tartózkodás során egy esetleges (sürgősségi) betegellátáskor a helyi orvosnál is láthatóak lesznek az életmentő egészségügyi adataink (pl. vércsoport, gyógyszer- és egyéb allergiák, súlyos/ krónikus betegségek és terápiájuk) az EU-n belül.

### ***eGYSE recept bevezetés első évének tapasztalatai***

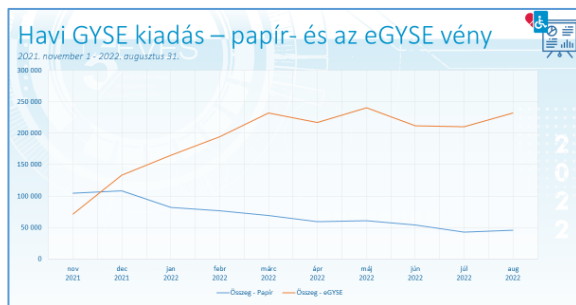
Négy évvel a gyógyszeres eRecept rendszer bevezetése után, tavaly november 1-től már a gyógyászati segédeszközök elektronikus felírása és kiadása is elindult az EESZT **eGYSE recept modulján** keresztül. Az EESZT-t fejlesztő és üzemeltető Egészséginformatikai Szolgáltató és Fejlesztési Központ a gyógyászati segédeszköz forgalmazók támogatására létrehozott egy ingyenes **miniGYSE alkalmazást**, amelyen keresztül még a legkisebb forgalmazók, egyedi segédeszköz készítőik is le tudják kérdezni és ki tudják adni a felírt GYSE recepteket. Az eGYSE recept modul – még ha

---

lényegesen alacsonyabb napi és havi átlagokkal is – de nagyon gyors felfutással, néhány hónap alatt **utolérte a gyógyszeres eReceptet a felírt/kiadott és papír/elektronikus arányok** tekintetében.



5. ábra: Havi eGYSE recept felírások és kiadások száma 2021-22



3. ábra: Havi eGYSE kiadások száma papír- és eGYSE vény 2021-22

A gyógyászati segédeszköz-ellátás folyamatosságának fenntartására, - és azért, hogy valamennyi felíró/ kiadó szoftver elkészüljön a fejlesztésekkel - az EESZT, a NEAK-al egyeztetve, átmeneti időre technikailag biztosította, hogy a COVID veszélyhelyzetben ideiglenesen bevezetett szolgáltatás, hogy néhány GYSE termékkör felírható/ kiadható legyen a gyógyszeres eRecept modulban 22-es kezdetű azonosítóval, továbbra is működjön. Szeptemberi visszaméréseink alapján ezen előfordulások már kevesebb, mint 1%-t teszik ki a GYSE felírásoknak. 2022.november 01-től a GYSE felírás 22-es azonosítóval eRecept modulba történő beküldésének technikai lehetőségét megszüntettük, így a HIS rendszerek a GYSE rendelést az orvos felhasználóknak már csak a különálló eGYSE recept modulon keresztül tudják biztosítani 27-es azonosítóval.

Az EESZT-be még 22-es azonosítóval a fenti dátum előtt feltöltött GYSEvényekre a 2023.január 31.-ig történő kiadásokat a NEAK még el fogja számolni.

### ***Új EESZT funkciók, kiemelt fejlesztések***

Az egészségügy felhőjeként is ismert EESZT az indulás óta eltelt öt évben számos új funkcióval bővült és folyamatos fejlesztés alatt áll. Eddig az ellátórendszer szereplői közti kommunikációs eszközrendszer alakult ki, ezt követően kerülnek be a szakmai folyamatokat támogató, több ellátót összekapcsoló megoldások, amelyeknél kiemelt prioritást kapnak az **adatvagyon bővítésére és kihasználásra irányuló fejlesztések**.

#### ***1. Strukturált adatgyűjtés***

Strukturált adat nélkül nincs digitalizáció! Ez az alapfeltétele annak, hogy a lelet utazzon, ne a beteg. Ehhez **egységes egészségügyi dokumentumokra** van szükség. A fejlesztést még 2020-ban, a járvány kitörése előtt zárult le, majd 2021-ben elindult a gépi feldolgozhatóságot támogató strukturált szakmai adatszolgáltatás az EESZT-be, amely további fejlesztés előtt nyitott kapukat, például a **külső állami intézmények felé** történő adattovábbítást. Minden olyan esetben, ahol a különösen szenzitívnek minősülő egészségügyi adat elhagyja az ágazatot, biztosítani kell a megfelelő adatvédelmi előírásoknak megfelelő kommunikációs eszköztárat. Ennek biztosítására jött létre az **eDOC alrendszer és központi alkalmazástár**, melyen keresztül zajlik:

- a gépjárművezetői engedélyekkel kapcsolatos orvosi vélemény,
- a tartósan beteg igazolások,
- a várandósság tényének megállapítása és továbbítása a BM és a NAV alrendszerei felé.

#### ***2. myEESZT Lakossági mobilapplikáció***

A mobilfejlesztések fókuszában a myEESZT Lakossági mobilapplikáció áll, amelyet eddig több mint 1,5 millióan töltöttek le az EU Digitális Covid Igazolvány (EU DCC) és magyar védettségi igazolványok a beadott oltások, a felgyógyultság és az elvégzett tesztek igazolására. Az applikáció bővítése jelenleg is zajlik további EESZT funkciókkal: kiváltható eReceptek, érvényes eBeutalók listázása, egészségügyi dokumentumok letöltése és továbbítása. Az új verzió hamarosan letölthetővé válik az ismert mobilplatformok alkalmazástárjaiban.

### **3. Dr. BetMen - Digitális Betegút Menedzsment Webapplikáció**

Az applikációval tervezhetővé tehető a betegellátás az alapellátástól a szakorvosi kezeléseken át az utógondozásig, illetve a terápiák elemzéséig. Az innovatív technológiai szolgáltatást a Roche Magyarország támogatásával fejlesztette ki az Országos Kórházi Főigazgatóság és az ESZFK. Az alkalmazás olyan átfogó és integrált megoldást fejlesztett ki, amely végigkíséri a páciens a teljes betegútján: korai kezelés lehetőségét nyújtja, lehetővé teszi a megelőzést, segít elkerülni a szükségtelen terápiákat és folyamatosan értékelni az elvégzett kezelések hatékonyságát.

A betegút alapú digitális és metodikai működés a POC (period of care/ esetlánc) azonosító segítségével valósult meg. Funkciói:

- ellátási protokollok paraméterezése, publikálása, követése
- ellátás- és kapacitásszervezés, tervezés: EESZT időpontfoglalás
- betegtájékoztató

### **4. Telemedicina – telemetria**

A COVID pandémia alatt, az orvos-beteg találkozők számának csökkentése céljából került be a házi orvosok számára fejlesztett, ingyenes, állami informatikai rendszerbe - **miniHIS** - a **Telemedicina modul**. A házi orvosi telemedicina rendszer lényege, hogy a páciens - a személyazonosítás után - videón keresztül konzultálhat az orvossal. A telerendelés közben az orvos írhat eReceptet vagy a szakrendelésre/kórházba eBeutalót is. A páciens biztonságos azonosításához a Belügyminisztérium által kialakított arckép- és kártya alapú azonosítási rendszerrel bővült a miniHIS rendszer. A telemedicina rendelés különösen ott hiánypótló, ahol jelenleg nincs házi orvosi ellátás. A Máltai Szeretetszolgálat, az ESZFK-val együttműködve épp az ilyen településekre viszi el a szakszerű és minőségi orvosi távollátást. A szolgálat asszisztensei mindössze egy digitális eszközzel felszerelt orvosi táskával (amelyben képi- és hangtovábbításra alkalmas eszközök, például digitális fonendoszkóp, otoszkóp, dermatoszkóp, digitális spatula is van) bonyolítják le a rendelésben a vizsgálatot. Az vizsgálatot élő videó kapcsolatban, távolról követi az orvos. A kis eszköz igényű vizsgálatot speciális kialakítású kisbuszokban, akár házhoz is lehet vinni, így a hátrányos helyzetű magyar kistérségeken vagy ágyban fekvő betegek számára is elérhető lesz az ellátás.

Dinamikusan növekszik a lakosságnál az otthoni vagy viselhető egészségügyi mérésekre alkalmas, okos eszközök használata is. Ezekben is sok, jó minőségű egészségügyi adat képződik, amely felhasználásával a beteg

---

mindennapjaiba dokumentált távoli állapotmonitorozást is beépíthetünk, beleegyezése esetén.

A wifi vagy bluetooth-képes mérőeszköz (fél) automata módon feltöltheti a mérési adatokat az előre beállított személyes EESZT tárhelyre (PHR-be), például egy okostelefon-applikáció segítségével. A jó mérési eredmények igazolhatják a gyógyszeres együttműködést és terápiahűséget, visszacsatolást jelentenek a betegnek, hozzátartozóknak és a gyógyító szakembereknek egyaránt. Rossz eredmény esetén az app vagy a központi rendszer automata tájékoztatás, vagy riasztást küldhet az előre beállított telefonszámra, tárhelyre, mail címre. Az EESZT pilotprojektet a magyar 77 Elektronika Kft. D-Cont vércukormérő készülékeivel alakították ki. Jelenleg a pilot időszak tapasztalatainak az összegzése zajlik.

## **Következtetések**

### ***Jövőbeli fejlesztések – irányok és tervek***

A legújabb elektronikus egészségügyi fejlesztések eredményeként új funkciók, új ágazati folyamatok és új technológiák épülnek be az EESZT rendszerébe. Ez jelenti újabb betegellátási folyamatok digitalizálását, háttérintézmények fejlesztéseit, járó-és fekvőbeteg ellátás kiterjesztett támogatását, a bővülő adatvagyon fejlesztését és kiaknázását, illetve a lakosság felé szélesített telemedicina szolgáltatásokat. Az EESZT továbbfejlesztésének következményeként tovább csökkenhetnek a betegellátók adminisztratív terhei. Minden szüksége adat, előzmény rendelkezés állhat a megalapozott diagnosztikai, terápiás és ápolási döntéshozatalhoz, a beteg (távoli) felügyeletéhez, a betegségek prevenciójához, így jelentősen nőhet az ellátás színvonala és a betegbiztonság.

## A FHIRcast szabvány bemutatása

Héja Gergely<sup>1</sup>, Árpád Metzinger<sup>2</sup>

<sup>1</sup>evosoft Hungary Kft, gergely.heja@evosoft.com

1117 Budapest Magyar tudósok krt. 11.

<sup>2</sup>evosoft Hungary Kft, arpad.metzinger@evosoft.com

1117 Budapest Magyar tudósok krt. 11.

***Összefoglaló:*** Az előadás a fejlesztés alatt álló FHIRcast HL7 szabványt, valamint annak egy implementációját mutatja be.

### Bevezető

A FHIRcast egy fejlesztés alatt álló HL7 szabvány, melynek célja azonos felhasználó által használt lazán csatolt rendszerek közötti "valós idejű" szinkronizáció [1]. Ez nem valódi valós idejű kommunikációt jelent, mert nincs elvárt válaszidő, pusztán azt, hogy a felhasználó azonos adatokat kezelhessen az összekapcsolt rendszerekben.

### Igény

A radiológiában jellemző, hogy a leletező orvos egyszerre három külön alkalmazást használ egy időben (radiológiai információs rendszer, PACS, leletező rendszer) [2]. A szabvány fő célja, hogy mindegyik rendszer azonos kontextust (beteg, radiológiai kép) kezeljen.

### Megoldás

A FHIRcast még nem publikált szabvány, egyelőre előszabványnak tekinthető. Jelenleg az STU2 (Standard for Trial Use 2) specifikáció van érvényben, de hamarosan ki lesz adva az STU3 specifikáció.

A szabvány a WebSub [3] esemény értesítési (event notification) tervezési mintára alapul megoldást nyújt: a FHIRcast hubra feliratkozó kliens alkalmazások értesítést kapnak azokról az eseményekről, melyekre feliratkoztak egy adott topikban, amely a felhasználói munkamenet leképező konténer. Az STU2 verzióban vagy webhook-ot, vagy websocket-kapcsolatot lehetett választani a feliratkozás során, az STU3 már csak a websocket-kapcsolatot támogatja.

A FHIRcast a FHIR [4] szabványra épít: az eseményekhez FHIR erőforrások tartoznak, azonban szemben az utóbbival nem célja az adatok tárolása, azokat csak a munkamenet idejére kezeli.

A FHIRcast hub a feliratkozásra, leiratkozásra és az események beküldésére HTTP API-kat biztosít, melyet titkosított csatornán (TLS)

keresztül lehet elérni, az API-k által kezelt adatokat JSON struktúrákként kell ábrázolni. A websocket csatornán is JSON struktúrák formájában kel az adatokat küldeni, szintén titkosított módon (WSS).

Események:

- kontextus-szinkronizációt leképező események, pl. DiagnosticReport-open ill. close, ami egy lelet megnyitását jelenti
- tartalom-szinkronizációt leképező események, pl. DiagnosticReport-update, ami a lelet tartalmának megváltozását jelenti
- kiválasztás-szinkronizációt leképező események, pl. DiagnosticReport-select, ami a leleten belüli objektum kiválasztást jelenti
- syncerror, ami az esemény értesítés során fellépett hibákról értesíti a többi feliratkozott klienst
- az eseménykatalógus nem zárt, lehetővé teszi egyedi események bevezetését

Az STU2 specifikáció kifejezetten a kontextus szinkronizációt támogatja, míg a STU3 specifikáció kiegészíti ezt tartalom-szinkronizációval is. Ugyan a specifikációban felsorolt események alapvetően radiológiai célúak, azonban a szabvány nem csak radiológiai célokra használható, az események katalógusa bővíthető.

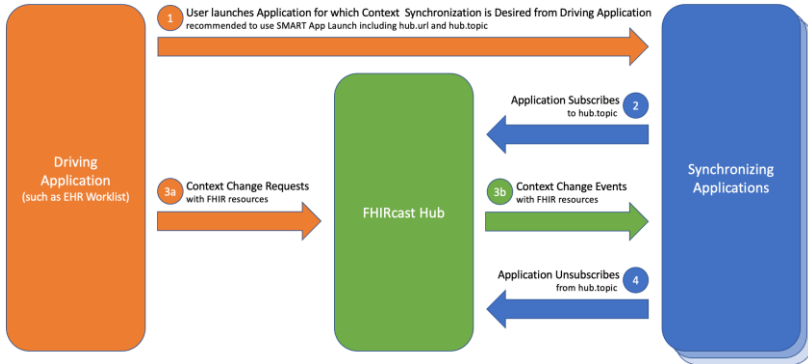
## **Topik**

A specifikációban nem szerepel explicit topikot létrehozó és megszüntető művelet

- amennyiben a feliratkozási kérésben szereplő topik még nem létezik, a hub létrehozza
- amennyiben a topikról az összes kliens leiratkozott, akkor a topik megszűnik

Konvencionálisan az ún. vezérlő applikáció nyitja meg a kontextust, ez lehet EHR, PACS, vagy egy klinikai workflow rendszer. A vezérlő alkalmazás elindíthat más rendszereket, pl. SMART App Launch mechanizmussal, ekkor az alkalmazások a megfelelő FHIRcast OAuth 2.0 scope-ot kérve megkapják a hub címét és a munkamenetet leképező egyedi topic-azonosítót [5].

Amennyiben a többi kliens alkalmazást nem a vezérlő applikáció indítja, akkor a topic azonosítója valamilyen közösen ismert titkos információon alapulhat, pl. a munkaállomás vagy a felhasználó neve, a páciens azonosítója.



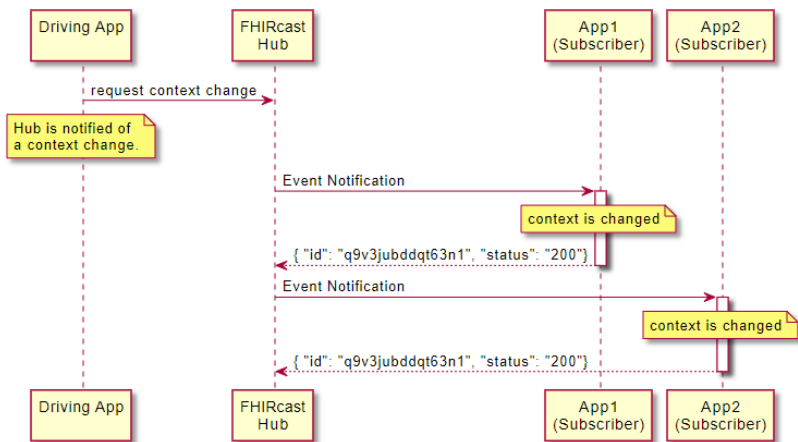
### Kontextus-szinkronizáció

A szabvány fő célja a kontextus-szinkronizáció, azaz hogy mindegyik rendszer azonos kontextust kezeljen, amely az eseménykezelési mechanizmuson keresztül történik: a kliens elküld a hubnak egy kérést, melyet a hub vagy elutasít (a megfelelő HTTP hibakóddal), vagy elküldi a topikra feliratkozott összes kliensnek (a kérést küldő kliensnek is). Az értesítést a kliens vagy elfogadja, vagy elutasítja, az utóbbi esetben a hub syncerror üzenetet küld a topikra feliratkozott klienseknek.

Az STU3 specifikáció szerint amennyiben a hub topik-állapotot kezel, akkor a kontextus-szinkronizációs események hatására megváltoztatja topik állapotát:

- resource-open hatására létrehozza a kontextust
- resource-close hatására törli a kontextust





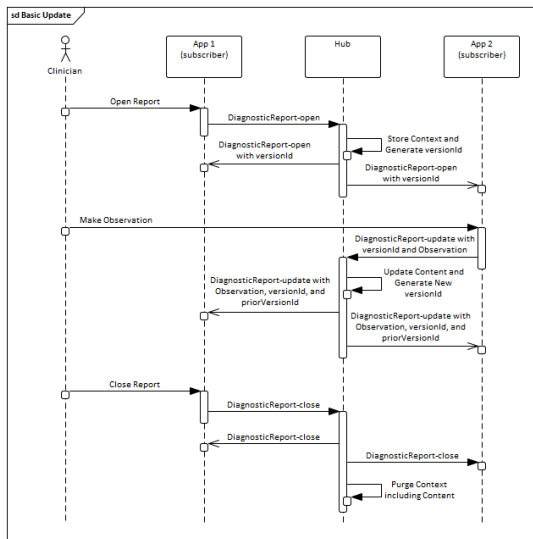
## Tartalom-szinkronizáció

A kontextus-szinkronizáción túl a felhasználónak arra is szüksége lehet, hogy pl. a leletezés során használt radiológiai képmegejelenítő és leletező rendszerek közötti adatszere is lehetséges legyen, pl. a képmegejelenítő rendszerben felvett mérések automatikusan bekerüljenek a leletbe.

Az STU3 specifikáció definiálja a kontextushoz tartozó tartalmat szinkronizáló eseményeket is, melyet FHIR erőforrások formájában kezel. Az esemény neve resource-update, melyben a POST, PUT és DELETE műveletekkel lehet a kontextushoz erőforrásokat hozzáadni, módosítani, illetve eltávolítani. A tartalom-szinkronizáció is az eseménykezelési mechanizmuson keresztül, a kontextus-szinkronizációval megegyező módon történik.

Mivel a szabvány lazán csatolt rendszereket szinkronizál, ezért a hub a konkurens hozzáféréseket az ún. optimista zárolási (optimistic concurrency control, optimistic locking) mechanizmus használatával kezeli. Ez azt jelenti, hogy nyilvántartja a kontextus verzióját, és csak olyan tartalom-szinkronizációs kéréseket fogad el, melyek az aktuális verzióra hivatkoznak. Amennyiben a tartalom-szinkronizációs kérés helyes, akkor új verzió-azonosítót képez, melyet az esemény-értesítésben elküld a klienseknek.

Az STU3 specifikáció szerint amennyiben a hub topik-állapotot kezel, akkor a tartalom-szinkronizációs események hatására megváltoztatja topik állapotát.



Tartalom-szinkronizáció

## Kiválasztás-szinkronizáció

A felhasználónak szüksége lehet egy olyan szolgáltatásra, mely biztosítja, hogy a munkamenetben levő applikációkban azonos objektumok legyenek kiválasztva, pl. ugyanaz az elváltozás a képmegjelenítő és letező rendszerben.

Az STU3 specifikáció definiálja a kontextuson belül kiválasztott erőforrás(ok) kiválasztását szinkronizáló eseményeket is, melyet FHIR erőforrások formájában kezel. Az esemény neve resource-select, melyben akárhány (0..\*) erőforrás kiválasztását lehet kommunikálni. A tartalom-szinkronizáció is az eseménykezelési mechanizmuson keresztül, a kontextus- és tartalom-szinkronizációval megegyező módon történik.

Amennyiben a hub topik-állapotot kezel, ez az esemény akkor sem módosítja a topik állapotát.

## Állapot lekérdezés

A munkamenetbe későn csatlakozó, illetve a szinkronizációt elvesztő kliensek lekérdezhetik a topik állapotát, amennyiben a hub támogatja azt. Ilyen esetben a hub mind a kontextust, mind a hozzá tartozó tartalmat (a verzióazonosítóval együtt) visszaadja a lekérdező klienseknek.

## Implementáció

A szabvány fejlesztésében aktívan résztvevő Siemens Healthineers olyan rendszerkomponenseket fejlesztett ki, melyek lehetővé teszik a vállalat által fejlesztett képmegjelenítő rendszerek és külső leletező rendszerek közti tartalom-szinkronizációt. Jelenleg STU2 formátumú eseményekkel támogatják az STU3 specifikációban is tárgyalt DiagnosticReport-központú workflow-t. A SMART App Launch mechanizmust egyelőre nem támogatják.

Két fő komponens készült el:

- topik-állapotot kezelő hub, mely általánosan kezeli a kontextus-, tartalom- és kiválasztás-szinkronizációt támogató eseményeket
- a képmegjelenítő rendszer és a hub illesztésért felelős ún. FHIRAdapter komponens, mely a beállításoknak megfelelően lehetővé teszi a felhasználónéven, képazonosítón, illetve workflow-azonosítón alapuló topikazonosítót.

A FHIRAdapter alábbi eseménytípusokat támogatja:

- IS-open és close eseményekkel jelzi a radiológiai kép megnyitását és bezárását
- a leletező alkalmazás által küldött DR-open és close események hatására elindítja ill. leállítja a tartalom- és kiválasztás-szinkronizációt
- DR-update események küldésével és fogadásával biztosítja a kétirányú tartalom-szinkronizációt
- DR-select fogadásával biztosít egyirányú kiválasztás-szinkronizációt

## Köszönetnyilvánítás

Köszönet szeretnénk nyilvánítani Eric Martinnak és Moldvai Dávidnak a szabvány és annak implementálása során végzett munkájáért.

## Hivatkozások

- [1.] <https://fhircast.org/specification/STU2>
- [2.] <https://build.fhir.org/ig/HL7/fhircast-docs/index.html>
- [3.] <https://www.w3.org/TR/websub/>
- [4.] <https://www.hl7.org/fhir/overview.html>
- [5.] <https://www.hl7.org/fhir/smart-app-launch/>

## **Az elektronikus betegdokumentáció klinikai gyógyszerészeti vonatkozásai**

Bertalan Ádám<sup>1</sup>, Erdélyi Lóránd<sup>2</sup>, Dinya Elek<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Karolina Kórház - Rendelőintézet, bertalan.adam@phd.semmelweis.hu  
9200 Mosonmagyaróvár, Régi Várház tér 2-4.

<sup>2</sup>Petz Aladár Egyetemi Oktató Kórház, lorand.erdelyi@gmail.com  
9024 Győr, Vasvári Pál u. 2-4

<sup>3</sup>Semmelweis Egyetem Digitális Egészségtudományi Intézet,  
dinya.elek@public.semmelweis-univ.hu  
1094 Budapest, Ferenc tér 15.

**Összefoglaló:** Mosonmagyaróváron a Karolina Kórházban és párhuzamosan Győrben, a Petz Aladár Egyetemi Oktató Kórházban, egy megbízottsági pályázat révén fejlesztésre került egy elektronikus lázlap (e-lázlap) rendszer, mely alkalmas az orvosi és ápolási dokumentáció vezetésére, támogatja a terápiás döntést, áttekinthetővé teszi a szükséges információk megjelenítését. A tervezésnél kiemelt figyelmet fordítottunk a betegellátás egyik legnagyobb kockázatát hordozó folyamatára, a beteg gyógyszerelésére. A fejlesztésben a klinikai gyógyszerészek kezdettől részt vettek, és kulcsfontosságú szerepet játszanak a rendszer bevezetésében, tesztelésében is. Az új rendszer teszt jelleggel került bevezetésre a két kórház néhány osztályán: az ATC alapú gyógyszerelés támogatása, a digitális terápia rögzítés előnyei kedvezőek a napi kórházi ellátásban.

### **Bevezető**

Az egészségügyi rendszerek az egész világon nehezebben fogadják el a technológiai újításokat, mint az ipar. A magyar állami egészségügyi rendszerre ez kiemelten jellemző. Kivételt képez ez alól a kórházi – klinikai gyógyszerészet területe, mely az utóbbi években jelentősen gyarapodott és megfiatalodott. A betegágy mellett megjelenő fiatalabb gyógyszerészek kiváló lehetőséget teremtenek a korszerű informatikai megoldások implementálására. Esetünkben a klinikai gyógyszerészek újító ambíciói szerencsés módon találtak az „EFOP-2.2.18-17-2017-00018” pályázat nyújtotta lehetőségekkel. A mosonmagyaróvári Karolina Kórház főgyógyszerészeként rám hárult az a feladat, hogy elkészíthessem a betegszintű gyógyszerelés adminisztrációjának specifikációit. Az informatikus csapattal együttműködve a folyamatokat úgy terveztük meg, hogy a nálunk működő centralizált betegszintű gyógyszerelés és a különböző

gyógyszerelő automatával rendelkező kórházak sajátos adminisztrációs igényeit is ki tudja elégíteni.

### **Célkitűzés**

A rendszer fejlesztésével olyan informatikai megoldásokat szeretnénk nyújtani a kórházaknak, melyekkel az egészségügyi személyzet terhelése csökkenthető, a megbízottság növelhető. Az e-lázipot úgy terveztük, hogy a betegellátás során automatikusan végezze el mind az orvosi, mind az ápolói adminisztrációs feladatok jelentős részét, a gyógyszerterápiás team működését pedig segítse a rendelkezésre álló egészségügyi rekordok összegyűjtésével, kiértékelésével, annak strukturált megjelenítésével. Klinikai gyógyszerészeti szempontból a fő prioritás, a fekvőbetegellátás megbízottsági szempontból kulcsfontosságú elemének, a betegszintű gyógyszerelés adminisztrációjának hatékony megvalósítása.

### **Módszer**

#### ***Fejlesztő környezet***

A fejlesztést a jelenleg is alkalmazott medikai rendszerünkbe integrálva valósítottuk meg, melyet a MAIN-csoport tagjaként működő Hospitally Egészségügyi Informatikai Fejlesztő és Szolgáltató Kft. szolgált. A rendszer Power Builder 12 környezetben készül, ami gyors, hatékony adatkezelést biztosít. A megoldás előnye, hogy közvetlenül hozzáférünk a beteg kórházi egészségügyi rekordjaihoz, így nem hátráltatja a fejlesztést a különböző rendszerek közötti kommunikáció megvalósítása. A MAIN-csoporthoz tartozó SK Pont Kft. által szolgáltatott intézeti gyógyszerügyi szoftver a projektet megelőzően megkapta a medikai rendszerhez való illesztést. Ennek köszönhetően nemcsak a rendelések, a készlet átadások, hanem a gyógyszer törzs szinkronizálása is elő volt készítve. A rendszerhez kiegészítésként készült egy Java mobil applikáció is Android alapú eszközökre, amely a betegek vitális paramétereinek rögzítésére, valamint az ápolási feladatok követésére szolgál.

#### ***Gyógyszertörzs-karbantartás***

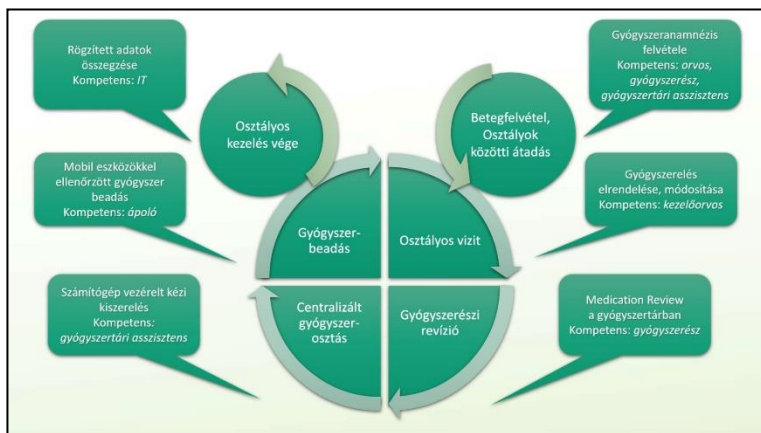
A törzskarbantartás a kórházi – klinikai gyógyszerész kompetenciakörébe tartozik, amit a gyógyszerügyi rendszerben tud végrehajtani. Ezt a törzset emeli át a medikai rendszer. A PUPHA adatbázis szerint forgalomban lévő összes készítmény törzslapját aktiváltuk, és folyamatosan karbantartjuk. Kiemelt figyelmet fordítunk a törzslapokon az ATC besorolás helyességére, illetve a kórházi alaplista karbantartására. A KIR-ben az átláthatóság

növelése érdekében megkülönböztetve jelenítjük meg az alaplistán szereplő, valamint az osztályon készlettel rendelkező készítményeket.

### **Betegszintű gyógyszerelés adminisztrációja**

A klinikai gyógyszerészek megjelenése új horizontokat nyitott a gyógyszerbiztonság terén. A *medication review* [1] a klinikai gyógyszerész legfontosabb feladatai közé tartozik. A gyógyszeres terápia elrendelése természetesen továbbra is a kezelőorvos kompetenciája, de a gyógyszerész az elrendelt terápiákat áttekinti és szükség esetén változtatási javaslatot tehet.

Az adminisztrációs folyamatot az „EFOP-1.8.0-VEKOP-17. Egészségügyi ellátórendszer szakmai módszertani fejlesztése” címet viselő programban elkészült módszertani ajánlást [2] alapul véve készítettük el, azzal a kiegészítéssel, hogy a gyógyszer beadása nem a végpont, hanem csak egy állomása a folyamatnak, melyet a gyógyszer továbbrendelése követ. Az információ áramlása az 1. ábrán [3] látható körfolyamatot követi, megakadályozva az esetleges elrendelési hibák ismétlődését.



1. ábra: A betegszintű gyógyszerelés adminisztrációjának folyamata

Az egyes szereplők kompetenciájának meghatározása kiemelt jelentőséggel bír. A klinikai gyógyszerészek munkája új feladat- és felelősségi körökkel bővült. Míg a jellemzően fiatal és rugalmas osztályos szolgálatot teljesítő gyógyszerészek örömmel fogadják az elektronikus adminisztrációt, addig néhány idősebb kollégának problémát jelenthet az új szoftver kezelése. Ezt figyelembevéve, úgy építettük fel a programot, hogy lehetőséget adjon az adatrögzítés és a kompetens személy általi jóváhagyás

elkülönítésére: a számítógépet kevésbé rutinosan használó orvosok esetében elegendő, ha a rögzített adatokat ellenőrzik és „aláírják”.

### Tesztelés

A pandémiás helyzet némileg megnehezítette a fejlesztés folyamatát, 2022 tavaszán mégis megkezdődhetett az e-lázipap tesztelése a Petz Aladár Egyetemi Oktatókórházban Győrben és a Karolina Kórház – Rendelőintézetben Mosonmagyaróváron. A próba üzemet elsősorban belgyógyászati típusú osztályokon kezdtük néhány hetes intervallumokban, melyeknek végén a hibákról jelentést készítettünk. A tesztelés ideje alatt a párhuzamos dokumentáció okozta extra terhelés elkerülése érdekében a gyógyszerelés elektronikus rögzítését a klinikai gyógyszerész végezte a validációt követően. A papír alapú dokumentáció kivezetése után az elrendelés és a gyógyszerészek javaslatainak rögzítése egymástól időben elkülönül, és a változtatások követésével könnyen monitorozható a gyógyszerészi tevékenység.

### Eredmények

Mostanra sikerült a betegszintű gyógyszerelés adminisztrációját megfelelően áttekinthető és rugalmasan kezelhető formában integrálni az e-lázipap felületbe. A terápiák áttekinthetősége mind a terápiatervezés szempontjából, mind a gyógyszerek kiszérésénél kulcsfontosságú kérdés, ezért a táblázatszerű megjelenítést a papír alapon is alkalmazott gyógyszerelő lapok mintájára hoztuk létre a 2. ábrán látható formában. A táblázatban a készítményeket az adminisztráció módja szerint különböző színekkel csoportosítjuk. Megkülönböztetünk:

- non invazív alkalmazási módot, mint az orális vagy a lokális alkalmazás,
- invazív alkalmazási módot, mint az intravénás vagy subcutan alkalmazás,
- és a feltételesen elrendelt gyógyszereket, melyet az ápoló személyzet szükség esetén alkalmazhat.

Gyógyszer	Elrendelő	2022. 11. 15.				2022. 11. 16.				2022. 11. 17.			
		Reggel	Dél	Este	Egyéb	Reggel	Dél	Este	Egyéb	Reggel	Dél	Este	Egyéb
NEBIBETA 5 MG TABLETTA 30x	85057	1		0.5		1		0.5		1		0.5	
BETAGEN 16 MG TABLETTA 60x	85057	1	1	1		1	1	1		1	1	1	
COVEREX-AS KOMB FILMTABLETTA 30x	85057			1				1					1
TENAXUM 1 MG TABLETTA 30x	85057	1		1		1		1		1		1	
CONTRAMAL 50 MG KEMÉNY KAPSZULA 20x	85057	1		1		1		1		1		1	
CLEXANE 4000 NE/0,4 ML (40 MG) OLDATOS INJEKCIÓ EL	85057	1				1				1			
ISOLYTE OLDATOS INFÚZIÓ 10x500ml	85057	1	1			1	1			1	1		

2. Ábra A gyógyszerelés ábrázolása az e-lázipap

## **Következtetés**

### ***A látvány nem minden***

A modern szoftverek piacán egyre inkább tapasztalható, hogy egy meggyőző grafikával próbálnak kompenzálni alapvető működésbeli hiányosságokat. Ha a fejlesztői csapatba bevonják a megfelelő egészségügyi szakembereket, akkor viszont egy kevésbé látványos megoldás is lehet kiemelkedően hasznos.

### ***A gyógyszerész a kulcs***

A kórházi - klinikai gyógyszerészet Magyarországon az utóbbi években roppant dinamikus fejlődésnek indult. A nyugati trendeknek megfelelően egyre nagyobb számban, és egyre változatosabb munkakörben alkalmaznak gyógyszerészeket az egészségügyi intézmények. Az új területeken a pozíciókat rendszerint fiatal kollégák foglalják el, akik közül sokan mélyebb informatikai ismeretekkel is rendelkeznek mostmár. Az ilyen kollégák azon túl, hogy képesek interpretálni az információt az egészségügyi szakemberek és a fejlesztők között, az új informatikai megoldások elfogadtatásában is jelentős segítséget tudnak nyújtani.

## **Köszönetnyilvánítás**

Köszönet az EFOP-2.2.18-17-2017-00018 számú fejlesztési pályázat anyagi támogatásáért, és a Hospitely Kft. munkatársainak a kitartó együttműködéséért.

## **Hivatkozások**

- [1.] Borgsdorf LR, Miano JS, Knapp KK. Pharmacist-managed medication review in a managed care system. Am J Hosp Pharm. 1994 Mar 15;51(6):772-7. PMID: 8010315.
- [2.] EFOP-1.8.0-VEKOP-17-2017-00001: Egészségügyi ellátórendszer szakmai módszertani fejlesztése
- [3.] Bertalan Á. A megfelelő gyógyszeralkalmazás gyógyszerészi minimál intervenció modellje, LIV. Rozsnyay Mátyás Emlékverseny, Berekfürdő 2019.



## **Betegút szimuláció szoftver bevezetése a Skill laborokba – út a központi betegút menedzseléshez**

Király Gyula<sup>1</sup>, Takács Laura Katalin<sup>2</sup>Kovács Rita<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Hospitály Kft., kiralygy@hospitaly.hu

1143. Budapest, Szobránc utca 29.

<sup>2,3</sup>Országos Kórházi Főigazgatóság,

<sup>2</sup>takacs.laura@okfo.gov.hu, <sup>3</sup>kovacs.rita@okfo.gov.hu

<sup>2,3</sup>1125 Budapest, Diós árok 3.

**Összefoglaló:** A betegút menedzselés, mint a szűkös erőforrások társadalmilag optimális felhasználásának egyik fontos eszköze, egyre többször kerül egészségpolitikai szinten is előtérbe. Az ehhez szükséges tudás és tapasztalat megszerzéséhez szisztematikus fejlesztéseken és pozitív eredményeket hozó pilot projekteken keresztül juthatunk csak el. A regionális vagy országos betegút menedzselés algoritmizálásához szükség lenne a betegellátás folyamatának általános egyszerűsített ügymenet szintű modellezésére és az ehhez igazodó ügyvitel dokumentációs sablon kialakítására. Mindezekhez a mérnöki és az orvosi kompetenciák nyílt és attitűdöktől mentes kooperációjára volna szükség, amit csak lépésenként, logikusan felépített és megvalósított kultúra váltás képes elérni. Ehhez megfelelő informatikai megoldásokat kell beilleszteni az orvosképzés, illetve orvos továbbképzés tanterveibe. A közös strukturált gondolkodáshoz vezető úthoz segítheti az ágazatot az Országos Kórházi Főigazgatóság (OKFŐ) által a közelmúltban beszerzésre kerülő ún. „Betegút szimulációs szoftver”-e, amely a Skill laborok fejlesztése (EFOP-4.2.2.-16-2017-00001) projekt keretén belül került kifejlesztésre. A hamarosan átadásra kerülő termék nagyban hozzájárul az egészségügyi informatika és a klinikai döntéshozatal kooperációjához. A rendszer alapjául szolgáló megoldások, azaz a kórtörténeti adatok strukturált felépítése és a betegút menedzseléshez optimalizált folyamatcentrikus működés elősegítik az adatvezérelt egészségügy mielőbbi kialakulását és a mesterséges intelligencia kutatáshoz szükséges algoritmizálható adatvagyon rendezettségét. Az egyes betegek ellátási betegút szimulációja - mint oktatási program -, az egészségügyi ágazatban dolgozók képzésén keresztül elősegítheti, felgyorsíthatja a megfelelő betegút menedzselési koncepció rendszer szintű megvalósítását. Ehhez nyújt támogatást a szimulációs szoftver továbbfejlesztésének lehetséges irányainak meghatározása.

## **Bevezető**

Napjainkban a legtöbb betegellátáshoz szükséges beavatkozás már modellezhető és elsajátítható szimulációs környezetben. Ennek köszönhetően az elmúlt években egyre nagyobb szerepet kapott az egészségügyi hallgatók graduális és posztgraduális képzésében a gyakorlati készségfejlesztő és szituációs-szimulációs képzés, így hidalva át az elméleti és gyakorlati curriculum közti távolságot. A szimulációs képzés azonban nem ér véget a diploma megszerzésével. Az orvosok és szakdolgozók szinten tartó képzéseiben is egyre nagyobb a létjogosultsága. Ezt felismerve az Országos Kórházi Főigazgatóság ebben az évben egy igen innovatív és előremutató megoldásra írt ki közbeszerzést, amelynek tárgya a Skill laborok fejlesztése (EFOP-4.2.2.-16-2017-00001) projekt keretén belül egy „Betegút szimulációs szoftver” volt. A betegútszimulációval kapcsolatos további fejlesztés szükségét támogatta a már korábban eredményesen megvalósított onkológiai betegút menedzselő rendszer, az ún. OnkoLogistic rendszer [1], amely Magyarországon először foglalkozott a betegútszimuláció digitálisan támogatott leképezésével. Az eljárás nyertese a T-Systems Magyarország Zrt. lett. Az egyedi fejlesztés eredményterméke a „Betegút szimulációs szoftver”, amely esetén jelenleg a felhasználói tesztelés, a betanítás és a telepítés folyamata zajlik.

## **Célkitűzések**

A projekt keretében fejlesztendő betegút szimulációs platform célja, egy olyan felhasználóbarát, játékelményt biztosító szoftver létrehozása, amely az egészségügyi képzésben és szakképzésben résztvevő hallgatók, rezidensek, szakorvosjelöltek, valamint a már egészségügyben dolgozó szakemberek számára is használható a jobb erőforrásmenedzsment és a hatékonyabb betegút tervezéshez szükséges kompetenciák elsajátításában. A szimulációs szoftver kiegészítő eleme a jelenlegi képzési rendszernek, annak korábbi elemeit nem helyettesíti, azonban ötvözi a modern képzési elvárásokat az elméleti, gyakorlati és digitális oktatás előnyeivel, mindemellett modern eszközökkel támogatja a tanulást. Az alkalmazás célja, hogy a betegút szimulációs képzésben érintett résztvevők ezen az elektronikus felületen keresztül ismerkedjenek meg a kezelési terv összeállításának egyénre szabott módszertanával. Cél, hogy a hallgató optimális betegutakat állítson össze az ellátási események egymásra építésével annak érdekében, hogy ezzel is növelje az együttműködést és a hatékonyságot mind az orvos-beteg, mind az adott eset ellátásában együttműködő szakmai csapat tekintetében. Az oktatási platform fontos célja még, hogy a mintapáciensek betegútjának végig

---

kíséréssel bemutatásra kerüljön az ellátási láncban résztvevő szereplők feladatai, felelősségi körei, fókuszálva a páciens szempontjainak az érvényesülésére is.

### **Módszerek**

Magyarországon az egészségügyi ágazatban, illetve az orvosképzésben egyre erősebben van jelen az informatika, mint a folyamatokat támogató, a működést kiszolgáló szakterület. Az infokommunikációs iparág műszaki-technológiai eredményei egyre gyorsabban épülnek be az orvoslás hétköznapijaiba, amelynek egyik leginkább ismert példája az Elektronikus Egészségügyi Szolgáltatási Tér (EESzT). A szolgáltatóknak biztosítaniuk kell, hogy megfeleljenek az Európai Bizottság által is szorgalmazott interoperábilis elektronikus egészségügyi nyilvántartást (EHR) [2] jellemző strukturált ellátási dokumentáció követelményeinek, amely szorgalmazza a különböző ellátók számára az egészségügyi adatok elérését és frissítését a betegellátás folyamatosságáért érdeklében.

### **Nemzetközi kitekintés**

A betegút menedzselés, az eset menedzselés, a beteg menedzselés sokat használt fogalmak az egészségügyi szervezés, illetve a menedzser képzés területén. Magyarországon komoly irodalma van ennek a témakörnek, főleg az ezredforduló táján bevezetett és évekig működő Irányított Betegellátási Modellnek köszönhetően. Az egészségügyi ellátás dinamikusan növekvő költségeinek, az előregedő társadalom igényeinek és az állami ellátás erőforrás-allokációs nehézségeinek „köszönhetően” szinte valamennyi fejlett társadalombiztosítással rendelkező országban igyekeztek megtalálni az egészségügyi szolgáltatások nyújtásának és az azokat finanszírozó technikáknak az optimális és jól kontrollálható rendszerét. A klinikai betegutak legjobb gyakorlatának keresése, a különböző országokban elért eredmények összehasonlítása, illetve a módszertan fejlesztése céljából létrejött az ún. Európai Betegút Egyesület [3] (European Pathway Association), amely monitorozza és értékeli a témában létrejött megoldásokat.

### **A szimulációs szoftver felépítése**

A szoftver tervezésekor a betegellátás általános folyamatára [4] illetve annak főbb elemeire támaszkodtunk, hozzáigazítva az egyes lépésekhez tartozó adminisztrációs, dokumentációs követelményeket. A szimulációs folyamat lépései egyrészt követik az általános orvosi döntéshozatal logikái

lépéseit, másrészt igazodnak a medikai szoftverekben is használt dokumentálási gyakorlathoz. A rendszerben két lényeges szerepkör került kialakításra, a Tanár és a Tanuló. A Tanár által használt felületen betegutak kialakítására van lehetőség, előre rögzített változók és erőforrás típusok felhasználásával. A példa eset felépítését sablonok, dokumentum tárák, kódszótárak és előre felépített egyéb klasszifikációk segítik. A Tanár részére készített felület támogatja az egyes esetek, scenáriók létrehozását, szerkesztését és megosztását a Tanulók részére. A scenárió létrehozásának célja, hogy megadásra kerüljön egy olyan vizsgálat- és terápiás sorozat, mely az adott scenárió helyes megoldását jelenti. Minden egyes választás, döntés súlyozott pontszáma, idő- és költségvonzata megadandó. Lehetőség van azonban téves vizsgálatok, terápiák feltüntetésére is, de ezekhez negatív pontszámot kell megadni. Az egyes eseteket a Tanulók tudják megoldani, végig kísérni. A betegút szimulációs képzésen résztvevők a betegút szimulációs platform használatával, egy-egy valós életből nyert, de személyes adatoktól megfosztott virtuális páciens kórtörténet felhasználásával tervezik meg a beteg ellátási láncolatát. A felület használatával a képzésben résztvevő elsajátítja azon kompetenciákat, amelyek segítségével alkalmassá válik arra, hogy egy adott, beteghez tartozó kezelési tervet rugalmasan összeállítson. A végén, amikor az esetet a Tanuló lezárja (diagnózis, elbocsátás), egy azonnali összesítő eredményt lát, mely összevetésre kerül a Tanár által előre definiált helyes megoldással

### **Várható eredmények**

Az egészségügyi ellátáshoz szükséges kompetenciák mellett, az egészségügyben dolgozóknak számos olyan készséget kell elsajátítaniuk, amelyek közvetetten kapcsolódnak a betegellátáshoz. Ilyen a különböző akut vagy krónikus kórképekkel érkező betegek megfelelő és hatékony menedzselése az egészségügyi rendszeren belül. A betegutak tervezése nem csak a betegek mindennapjait könnyítheti meg, hanem a felesleges vagy nem jó időben végzett vizsgálatok hiányában erőforrást takaríthat meg az ellátórendszernek. A betegút tervezés elsődleges célja az aktuális protokolloknak megfelelő személyre szabott kezelési terv összeállítása. Reményeink szerint az orvosképzésben megszerzett elméleti tudást és az esetleges valós betegellátási tapasztalatot ez a szimulációs szoftver képes nemcsak szintetizálni, hanem a munkafolyamatok logikai felépítésének segítségével javítani, stresszmentesen begyakorolni és megfelelő orvosi döntéseket objektív alapokra helyezni.

---

## Következtetések

Az egészségügyben jelenlévő erőforráshiányok (humán, anyagi, eszköz stb.) egyre inkább rászorítják az ágazatot a meglévő kapacitások ésszerű felhasználására. A hozzáférés tekintetében is vannak komoly területi egyenlőtlenségek. Mindezek arra ösztönözik az egészségügyi ágazat irányításában részvevő szakembereket, hogy a hatékonyság növelése és a meglévő kapacitások jobb kihasználása érdekében a betegút menedzselés fejlesztésére fordítsák a figyelmüket. A beteg utak központi irányítása történhet jogszabályok mentén, az érdekeltség megteremtésével, szankcionálással és módszertani-informatikai támogatással is. A jogszabályi változás lassan hat az ágazatban dolgozók ez irányú tevékenységére és ellenőrzés vagy ösztönzők nélkül hatástalan, az érdekeltség megteremtésére jelenleg nincs költségvetési forrás és annak technikája sincs még kidolgozva, a szankcionálás pedig még inkább rontja a pandémia okozta amúgy sem túl jó munkamorált. A módszertani-informatikai támogatás segítségével a legkönnyebb és legkevésbé kockázatos módon lehet az ágazatban dolgozókat megnyerni a szolgáltatások színvonalának fejlesztésére. A betegút szimulációs gyakorlatok bevezetése és használata várhatóan segíti az ágazatban a transzparencia fejlődését és az objektív értékelés kultúráját. A szimulációs szoftver továbbfejlesztése terveink szerint lehetőséget ad több beteg és több eset egyidejű, kapacitásokhoz igazodó betegút menedzselésére, döntési algoritmusok kifejlesztésére, az ehhez szükséges rendszerszemlélet kialakulására.

## Köszönetnyilvánítás

A projekt alapját képező műszaki specifikáció kidolgozásáért külön köszönet illeti Dr Maróti Péter Dezsőt PhD (Pécsi Tudományegyetem), illetve hálásak vagyunk Srágli Attila projektigazgató úrnak (Országos Kórházi Főigazgatóság), támogatta és engedélyezte a megoldás bemutatását és a közlemény megszületését.

## Hivatkozások

- [1.] Dr. Moizs Mariann PhD, Király Gyula, Prof. Dr. Repa Imre: OnkoNetwork – Az onkológiai betegútszervezés új magyar modellje, 2016. április, Orvostovábbképző Szemle – Különszám, pp 46-50.
  - [2.] Commission Recommendation of 6.2.2019 on a European Electronic Health Record exchange format, C(2019) 800 final.
  - [3.] <https://e-p-a.org/>
  - [4.] Király Gyula: Egészségügyi Intézményi Információs Rendszerek felépítése a SMART kórházakban, I. rész, 2019. május, IME magazin XVIII évfolyam 4. szám, pp 62-63.
-

## A COVID hatásai a kiberbiztonságra

Szabó Zsolt Mihály<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola,  
szabo.zsoltmihaly@uni-obuda.hu  
1081 Budapest, Népszínház utca 8.

**Összefoglaló:** A COVID-19 mindannyiunkat arra kényszerített, hogy minden eddiginél jobban támaszkodjunk az internetre. A bezárt időszakok során, és bár tanácsos a társadalmi távolságtartás, az online infrastruktúra a kommunikáció, a kereskedelem, a munka és a tanulás központi csomópontjává vált. A COVID-19 világjárvány példátlan lökést adott a vállalkozásoknak és az alkalmazottaknak, hogy megváltoztassák munkamódszerüket és kommunikációjukat. A vállalatok arra kényszerülnek, hogy gyorsan digitalizálják üzleti modelleiket, rugalmas és távoli munkakörnyezeteket hozzanak létre, elérjék az ügyfeleket, és elsősorban digitális csatornákon keresztül irányítsák az alkalmazottakat. Ez lehetőséget teremt a kiberbiztonsági szektor számára, hogy reagálni tudjon a kiberbiztonsági támadások mennyiségének rohamosan emelkedő növekedésére, valamint a növekvő számú kiberbiztonsági támadásokra. A koronavírus-járvány új kihívások elé állította a vállalkozásokat és szervezeteket, ahogy alkalmazkodnak ahhoz a működési modellhez, amelyben az otthoni munkavégzés „új normálissá” vált. A vállalatok és szervezetek felgyorsítják digitális átalakulásukat, és a kiberbiztonság ma már komoly gondot okoz. Ha figyelmen kívül hagyjuk a kiberbiztonsági kockázatokat, annak a hírnévre, működésre, jogi és megfeleléségi vonatkozásai jelentősek lehetnek. Az előadás és a hozzá kapcsolódó cikk megvizsgálja és ismerteti a COVID-19 hatásait a kiberkockázatokra és a vállalkozások és szervezetek által megtehető mérséklő intézkedésekre.

### Bevezető

A járványhelyzet az egészségügy ellátórendszerének szinte minden elemére hatással volt, és ez a járvány első hullámának lecsengését követően sem tűnik el nyomtalanul. A pandémiás helyzet okozta gazdasági visszaesés az ellátórendszer egyébként is tettenérhető alulfinanszírozottsága mellett együttesen veszélyezteti az ellátó struktúra fenntarthatóságát és finanszírozását [1]. A digitális egészségügy [2] a korábbinál is nagyobb lendületet kapott. A járvány is rámutatott, hogy a prevenciónak lényeges szerepe van az egészségügyben, ugyanakkor ez nem korlátozódik a járvány

okozta válsághelyzetre. A prevenció – különösen ha járványhelyzettel összefügg – információszolgáltatást is jelent, ami felveti az egyén személyiségi jogainak és adatainak megfelelő védelmét [1]. A gyógyító-betegellátó munka során kezelt adatok nagyrészt a különleges adat kategóriába tartoznak, amelyek kezelésére szigorú szabályok vonatkoznak [3].

Az alábbiakban az egészségügyi informatika egyes, általunk legfontosabbnak ítélt problémáit tárgyaljuk. Véleményünk szerint a felvetett kérdések megoldása már szilárd alapot nyújt egy magas szintű egészségügyi ellátáshoz szükséges magas szintű informatikai háttér kiépítéséhez. Részletesen tárgyaljuk az egészségügyi adatok védelmének kérdéseit és a hazai sajátosságokat. A jogszabályok, rendeletek, szabályzatok és útmutatók dzsungelében nem könnyű eligazodni. Az ismerethiány azonban nem mentesít a felelősség alól. Jelen tanulmány a szakterülethez tartozó nemzetközi ajánlások, szabványok és jogszabályok legfontosabb tudnivalóit foglalja össze, majd az egészségügyi adatok biztonságos és jogszerű kezelésének megvalósításához ad hasznos gyakorlati tanácsokat.

### **Kibertámadások a világjárvány alatt**

Kibertámadás olyan kibertérben végrehajtott offenzív vagy defenzív művelet, amelynek várható eredménye személyi sérülés vagy halál, illetve tárgyi veszteség vagy megsemmisítés [4]. A koronavírus-járvány alatt közel 300 százalékkal nőtt a kibertámadások száma. A Világgazdasági Fórum globális kiberbiztonsági kilátásokról szóló jelentése [5] szerint a kibertámadások száma 2021-ben globálisan 125%-kal nőtt, és a trend az, hogy 2022-ben is folytatódik ez a növekedés. Ebben a gyorsan változó környezetben a vezetőknek stratégiai megközelítést kell alkalmazniuk a kiberkockázatokkal kapcsolatban. A COVID-19 világjárvány idején a távmunkára való felgyorsult átállás, valamint a közelmúltban lezajlott nagy horderejű kibertámadások azt eredményezték, hogy a kiberbiztonság az első helyen áll a szervezetek és nemzetek kulcsfontosságú döntéshozói körében. A kiberbűnözés egyre súlyosabb és kifinomultabb, ahogy a hackerek fejlettebb kiberbűnözési technikákat fejlesztenek ki.

A világjárvány alatt több mint 70 gyógyszertári vállalat futott versenyt az idővel és egymással annak érdekében, hogy kifejlessze az új típusú koronavírus ellenszerét, ezek közül néhány, mint a Gilead vagy az ExecuPharm nagyon komoly hackertámadásokat kellett, hogy elhárítson [6]. Míg a Gilead sikerrel járt a védekezésben, az ExecuPharm-ot támadó zsarolóvírus érzékeny adatokat lopott el, majd tett közzé a gyógyszer cég

---

titkos szervereiről. Az amerikai hatóságok a kínai és az iráni államot vádolták azzal, hogy a gyógyszeripari cégeiket támadó hackereket szponzorálják. Az FBI úgy vélte, hogy az USA hatalmi ellenlábasai ezzel előnyre akartak szert tenni a vakcina fejlesztésében, annak érdekében, hogy dominanciát tudjanak szerezni a gyógyszerpiacon a Covid-19 vakcinájának disztribúciójában. Még ha viszonylag sikeres is volt a gyógyszergyárak védekezése a kiberbűnözéssel szemben, fontos tényező, hogy ezeknek a cégeknek rengeteg pénzt kellett elkölteniük a megfelelő védetség kialakítására, fenntartására, pedig ezeket a forrásokat a gyógyszertárak fejlesztésére is fordíthatták volna, melynek a nemzetközi járványhelyzet miatt kiemelt fontossága van. Továbbá rengeteg támadás érte az Egészségügyi Világszervezet (WHO) informatikai rendszerét is. A szervezet szerint 4-5-szöröse ugrott az előző év azonos időszakához képest a március-áprilisban lebonyolított, szervezethez köthető hackertámadások száma. Kiberbűnözők már több mint 450 darab WHO-s email-címet és jelszót szivárogtattak ki, mióta a járványkrízis tart [7].

A pandémia alatt nemcsak a WHO-t támadták a hackerek, hanem a WHO és más közegészségügyi szervezetek nevében a lakosságot is bombázták. Leggyakrabban emailben támadtak a csalók, főleg olyan levelekkel találkozhattunk, melyek

- valamilyen egészségügyi szervezet (WHO, Vöröskereszt, CDC (Amerikai Járványvédelmi Központ), ECDC (Európai Betegségmegelőzési és Járványvédelmi Központ) stb.) nevében adományt gyűjtöttek, de a pénz valamilyen külsős bankszámlaszámra kellett utalni (vagy netán bitcoinban kellett befizetni),
- tájékoztatást ígérnek a koronavírus aktualitásairól, a vakcináról vagy netán riogatják az ügyfelet azzal, hogy veszélyeztetett, majd egy olyan csatolmányt küldenek, vagy olyan weboldalra irányították át, ahonnan kártékony programokat töltött le a gépére,
- hatástalan egészségügyi készítményeket, netán oltást forgalmaznak kamu webshopokon keresztül, irreálisan magas összegekért.

Az utóbbi online és offline formában is elég elterjedtek Magyarországon, a Nemzeti Bűnmegelőzési Tanács (NBT) figyelmeztetést is adott ki az ügyben. Számos kibertámadási módszer igyekezett kihasználni a koronavírus miatti megváltozott életvitel is, például előszeretettel célozták a hackerek a Zoom, a Teams vagy a Hangouts / Meets felhasználóit is.

---



## **Egészségügyi informatikai rendszerek kibervédelme**

A pandémia hatására drasztikusan megnövekedett az online tárolt adatok mennyisége és az olyan, csapatmunkát segítő kollaborációs alkalmazások száma, amelyeken a munkatársak akár külső felekkel is bizalmas információkat osztanak meg. Ez komoly kockázatot jelent a hazai cégeknek, amit tovább fokoz, hogy az alkalmazottak gyakran megkerülik a biztonsági intézkedéseket, mint például a rendszeres szoftverfrissítések elvégzését, mert az esetleg lassíthatja a munkájukat. Ezáltal kényes üzleti adatok kerülhetnek a csalók kezébe egy alapvetően védett, kontrollált környezetből is.

Az informatika eszközeinek egészségügyi alkalmazása gyógyító tényezővé vált. Kialakult az orvosi informatika, mint speciális terület, amely a gyógyítás nélkülözhetetlen eleme lett. Célszerű megismerkedni az információbiztonság szabályozásával és megvalósításának lehetőségeivel, hiszen komoly gondok forrása lehet az egészségügyi adatok szakszerűtlen kezelése [2]. 2016. májusában lépett életbe az Európai Unió új adatvédelmi rendelete, a GDPR (General Data Protection Regulation) [8], amely bő két évtized után hoz vérfrissítést az adatvédelmi szabályozásban. A rendeletet kétéves türelmi idő után, 2018. május 25-én kezdik alkalmazni. Az eddig széttagolt adatvédelmi szabályozást hivatott közös nevezőre hozni, ezért minden tagországban, így Magyarországon is közvetlenül érvényes. Az új szabályozás célja, hogy több kontrollt adjon az embereknek a saját adataik fölött, és erősebb védelmet biztosítson a személyes adatoknak nemcsak a kiberbűnözőkkel, de az adatokat kezelő cégekkel, intézményekkel szemben is. A támadások célja alapvetően az adat, melyet különböző rendszerelemek vesznek körül, folyamatok kezelnek [9]. A kiber fenyegetettségek a rendszerelemek meghatározott láncán keresztül az adatokat és az adatokat kezelő folyamatokat veszélyeztetik. A védelem megvalósítása nem csupán egy eszközrendszer megvalósítását, hanem egy szervezet teljes, azaz fizikai (üzemeltetés), logikai (jelszóképzési módszerek, kriptográfiai eljárások, összeférhetlenségi mátrix, stb.), adminisztratív (szabályzási háttér) és a humánerőforrás védelmi rendszerére vonatkozóan, a tervezéstől a megvalósításig terjedő folyamatát jelenti [10].

A gazdasági és társadalmi élet egyik legfontosabb értéke az információ. Az információ minden gazdasági entitás számára fontos, legyen szó akár állami, akár magán szervezetről. Információ nélkül nincs fejlődés, nélküle nem lehet tervezni, ami mindenképpen lemaradást, leszakadást eredményez [12]. Az informatikai biztonság alatt a szervezeti tevékenységek informatikai összetevőinek a célok eléréséhez szükséges megfelelő állapotban tartását értjük [11]. A biztonság a szervezeti működés egyik lényegi eleme [13], az

---

egészségügyi informatikai rendszerek esetében a szervezeti kondíciókkal egyenrangú. A szervezeti biztonság komplex fogalom, az egyes részterületek szoros összefüggésben vannak és függenek egymástól. Az alábbi részeket kell figyelembe venni a tervezés során: fizikai biztonság, objektum védelem; adat- és információbiztonság; ügymenetbiztonság; humán biztonság; incidenskezelés és ügymenet-folytonosság. A fenti részeket figyelembe véve a megvalósítandó védelemnek zártnak, teljes körűnek, kockázatokkal arányosnak és időben folyamatosan biztosítottnak kell lennie [14].

Egy szervezet informatikai rendszere biztonsági menedzsmentjének kialakításakor annak központosítására, egységes, áttekinthető, számítástechnikai eszközökkel történő támogatására, illetve a rendszer lehető legnagyobb mértékű automatizálására, az emberi tényező lehetőség szerinti kiiktatására kell törekedni. Törvény (Ibtv.) [15] írja elő, hogy az állami szervek informatikai rendszerének képesnek kell lennie a szervezet működése szempontjából meghatározó hardver- és szoftvereszközök kritikus biztonsági eseményeinek megfigyelésére és naplózására, illetve ezen események automatizált kezelésére. Egy állami szervezet informatikai rendszerének és biztonsági menedzsmentjének kialakításakor a fenti követelményeken túl fontos, hogy a biztonsági rendszerben egyszerűen legyen leképezhető és ellenőrizhető a szervezet biztonságpolitikájának megvalósítása. A biztonsági menedzsmentnek legyen szerves része a hálózat-, felhasználó-, szoftver-, tűzfalmenedzsment, a levelező rendszer tartalomszűrése, vírusvédelme és egyéb más informatikai rendszerek.

### **Intézkedések a kiberbiztonság megőrzéséért**

Az Europol adatai [16][17] szerint mind a 27 EU-tagállamban jelentősen megnövekedett a kórházakat, háziorvosokat, gyógyszer-laboratóriumokat célzó kibertámadások száma a koronavírus-járvány alatt. Konkrét számokat egyik intézmény sem tett közzé titoktartásra hivatkozva. A kiberbűnözők előszeretettel vetnek be zsarolóvírusokat a kórházak ellen. Lezárták a páciensek adatait, kórtörténetét tartalmazó gépeket, majd pénzt követeltek az áldozatoktól. Így nem látják az orvosok, hogy egy-egy betegnek milyen gyógyszert adtak be, milyen kezelésre van szüksége, milyen érzékenységei vannak és hol tart a felépülés folyamata. Ezzel a hackerek gyakorlatilag közvetlenül is veszélyeztetik a páciensek életét. Abban reménykedtek a bűnözők, hogy mivel a legtöbb nyugat-európai ország rendkívül túl volt terhelve a koronavírus miatt, sokkal nagyobb nyomás lesz a kórházakon, hogy kifizessék a váltságdíjakat. Ennek ellenére a hatóságok arra kérték az ilyen támadások áldozatait, hogy ne fizessenek váltságdíjat, de a megbénult

---

kórházaknak sok esetben nem volt választásuk annak érdekében, hogy pácienseik életét megmentsek.

A koronavírus miatti kibertámadások olyan szinten megszorodtak, hogy több nemzetközi szervezet is konkrét intézkedési tervet készített a lakosság számára annak érdekében, hogy megvédjék őket a hackertámadásoktól. Egy ilyen listát az Interpol [18] (ESET [19][20], NBSZ NKI [21] stb.) is készített, melyben azt javasolják az internetezőknak, hogy

- a fontos fájlokról készítsenek biztonsági mentést a felhőben vagy külső meghajtókon,
- mindenképpen győződjünk meg arról, hogy ha valahol megadjuk a felhasználónevünket és jelszavunkat, az annak a szervezetnek a hivatalos oldala, ahova belépni szándékozunk,
- tegyünk fel vírusirtót minden elektronikus eszközünkre, még a mobiltelefonunkra is,
- rendszeresen frissítsünk minden illesztőprogramot és kulcsfontosságú szoftvert, amit használunk, hiszen az elavult szoftverek sérülékenységeit sokkal könnyebben kihasználják a hackerek,
- csak megbízható oldalakról töltsünk le mindent,
- a családunkat és gyerekeinket is tájékoztassuk a megújult kiberbiztonsági kockázatokról,
- válasszunk erős jelszókat,
- semmilyen, ismeretlen forrásból érkező levélben érkező linket, csatolmányt ne nyissunk meg.

Ha az óvintézkedések ellenére kiberbűncselekmény áldozatai lettünk, ne legyintsünk rá, hanem értesítsük a hatóságokat.

## **Következtetések**

A COVID-19 világvárvány jelentősen megváltoztatta a hétköznapi szokásainkat a kereskedelem, a munka és a tanulás terén. A vállalatok, vállalkozások és oktatási intézmények arra kényszerültek, hogy tevékenységük egy jelentős részét valamilyen online internetes platformra helyezték. A digitalizált üzleti modellek, a rugalmas távoli munkakörnyezet azonban sokkal sebezhetőbbé tették az eddigi kompaktabb, zártabb hétköznapi modelleket. Fentiekben ismertetésre került a COVID-19 hatása a kiberbiztonságra, törekedve a nemzetközi összehasonlításra és a hazai teendők kiemelésére. Nem törekedtünk teljességre jelen cikk keretei között, minden részterület önálló feltáró-elemző és stratégiai tervező munkát igényelne. Záró gondolatként felsoroljuk a véleményünk szerint leginkább szükséges tennivalókat:

- Az egészségügyi ellátásban résztvevő rendszerek kiemelt védelme.
- Az egészségügyi adatok tárolási és továbbítási követelményeinek rendszerszintű alkalmazása.
- A központi adatbázisok hitelességének és naprakészségének védelme.
- A betegek és orvosok/szakdolgozók elektronikus azonosításának megerősítése.
- Egészségügyi rendszerek felhasználóinak fokozott információbiztonság tudatosítási képzése.

## Hivatkozások

- [1.] PwC Magyarország: Kihívásból lehetőségek az egészségügyben - Az ellátórendszer újragondolása (nem csak) a COVID-19 járvány apropóján, 2020, pp. 1-16., [https://www.pwc.com/hu/hu/szolgáltatások/kozszojalati-tanacsadas/Kihivasbol\\_Lehetosegek\\_az\\_egeszsegugyben.pdf](https://www.pwc.com/hu/hu/szolgáltatások/kozszojalati-tanacsadas/Kihivasbol_Lehetosegek_az_egeszsegugyben.pdf)
- [2.] Racskó Péter Az egészségügyi informatika külföldön és Magyarországon. Egészségügyi Gazdasági Szemle 2008/6. pp. 26-31
- [3.] Ködmön József, Csajbók Zoltán Ernő Információbiztonság az egészségügyben, Orvosi Hetilap, 2015, 156(27), pp. 1075–1080
- [4.] Tallinn Manual on the International Law Applicable to Cyber Operations, General editor Michael N. Schmitt, US Naval War College, Cambridge University Press 2013, rule 30, pp. 1-255
- [5.] World Economic Forum: Global Cybersecurity Outlook 2022, Insight Report January 2022, Published: 18 January 2022, pp. 1-35, [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Global\\_Cybersecurity\\_Outlook\\_2022.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Cybersecurity_Outlook_2022.pdf)
- [6.] Health Sector Cybersecurity Coordination Center (HC3) Analyst Note, Published: November 16, 2020 pp. 1-2, <https://www.hhs.gov/sites/default/files/analyst-note-cl0p-tlp-white.pdf>
- [8.] Cybersecurity: Selected Cyberattacks, 2012-2021, Published: November 22, 2021, pp. 1-24. <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R46974>
- [9.] Az Európai Parlament és a Tanács 2016/679 rendelete (2016. április 27.) a természetes személyeknek a személyes adatok kezelése tekintetében történő védelméről és az ilyen adatok szabad áramlásáról, valamint a 95/46/EK rendelet hatályon kívül helyezéséről (általános adatvédelmi rendelet, GDPR). Brüsszel, az Európai Unió Hivatalos Lapja 119/1. 2016.05.04. (HU) pp. 1-88
- [10.] Veszprémi Bernadett Adatvédelem, információszabadság. Budapest. Nemzeti Közszojalati Egyetem Vezető- és Továbbképzési Intézet, 2014, pp. 3-6
- [11.] Szabó Zsolt Mihály A nyugdíjfolyósítás információbiztonsági és informatikai biztonsági kérdései, Bitay, Enikő (szerk.) A XXII. Fialat Műszakiak Tudományos Ülészak előadásai, 2017, pp. 363-366
- [12.] Varga János, Csiszárík-Kocsir Ágnes Versenyképességi átrendeződés Közép-Kelet Európában, fókuszpontban a V4 országok, Kárpát-medencei versenyképesség - 6. Báthory – Brassai Konferencia Kötete, Óbudai Egyetem, 2015. május 27.-28. pp. 316.-335
- [13.] Michelberger Pál, Vállalatbiztonság. In Nagy Imre Zoltán (szerk.), Vállalkozásfejlesztés a XXI. században III. Tanulmánykötet, Óbudai Egyetem, 2013, pp. 35-52
- [14.] Lazányi Kornélia A biztonsági kultúra szerepe a vezetői döntések támogatásában Taylor: Gazdálkodás- és Szervezéstudományi Folyóirat: A Virtuális Intézet Közép-Európa Kutatására Közleményei 8:(1). 2016, pp. 143-150
- [15.] Szabó, Zsolt Mihály A nyugdíjfolyósítás mint kritikus infrastruktúra, Bitay, Enikő (szerk.) A XXII. Fialat Műszakiak Tudományos Ülészak előadásai, 2018, pp. 215-218.

- [16.] Az állami és önkormányzati szervek elektronikus információs rendszerek biztonságáról szóló 2013. évi L. törvény (Ibtv.). Magyar Közlöny 2013. évi 68. sz. pp. 50241-50255.
- [17.] Europol: Catching the virus cybercrime, disinformation and the COVID-19 pandemic, Published: 3 April 2020, pp. 1-14.
- [18.] [https://www.europol.europa.eu/sites/default/files/documents/catching\\_the\\_virus\\_cybercrime\\_disinformation\\_and\\_the\\_covid-19\\_pandemic\\_0.pdf](https://www.europol.europa.eu/sites/default/files/documents/catching_the_virus_cybercrime_disinformation_and_the_covid-19_pandemic_0.pdf)
- [19.] Europol: Pandemic profiteering how criminals exploit the COVID-19 crisis, Published: March 2020, pp. 1-14.
- [20.] [https://www.europol.europa.eu/sites/default/files/documents/pandemic\\_profiteering-how\\_criminals\\_exploit\\_the\\_covid-19\\_crisis.pdf](https://www.europol.europa.eu/sites/default/files/documents/pandemic_profiteering-how_criminals_exploit_the_covid-19_crisis.pdf)
- [21.] Interpol: COVID-19 cyberthreats, Published: April 2020 pp. 1-2.
- [22.] <https://www.interpol.int/Crimes/Cybercrime/COVID-19-cyberthreats>
- [23.] ESET: Drámaian megnőtt a COVID-19-hez kapcsolódó kibertámadások száma, Publikálva: 2020.08.13.
- [24.] <https://www.eset.com/hu/hirek/dramaian-megnott-a-covid-19-hez-kapcsolodo-kibertamadasok-szama-2020/>
- [25.] ESET: Óvakodjunk a COVID-19 vakcinával kapcsolatos csalásoktól és álhirektől, Publikálva: 2021.04.19.
- [26.] <https://www.eset.com/hu/hirek/covid-19-vakcinaval-kapcsolatos-csolasok-es-alhitek-2021/>
- [27.] NBSZ NKI: COVID-19 TÁJÉKOZTATÓ, pp. 1-4.,
- [28.] <https://nki.gov.hu/figyelmeztetesek/tajekoztatas/az-nki-tajekoztatoja-az-uj-koronavirus-temaju-kiberfenyegetesekrol/covid-19-tajekoztato/>

## Személyes adatokat tartalmazó adatállományok entrópiája

Alexin Zoltán<sup>1</sup>

<sup>1</sup>SZTE, Szoftverfejlesztés Tanszék, alexin@inf.u-szeged.hu  
6720 Szeged Árpád tér 2.

**Összefoglaló:** Az anonimizálás egy széles körűen alkalmazott eljárás, amely az érintett személyek magánszféráját hivatott védeni, amikor a személyes adataikat további másodlagos célok érdekében dolgozzák fel. Anonimizált adatokra az adatvédelmi jogszabályok nem érvényesek, ezért megfelelően végrehajtva, erkölcsi és jogi felmentést is biztosít a végrehajtójának. Bármilyen intim, szenzitív adat anonimizálva már szabadon terjeszthető, a GDPR szabályai szerint legalábbis. Sajnos az anonimitásnak csak jogi definíciója van, amely nincs lefordítva egyszerűen ellenőrizhető matematikai vagy statisztikai tulajdonságokra, amellyel egy konkrét adatállományról eldönthető, hogy az anonim-e? Jelen közleményben a szerző bemutat egy eljárást, amellyel meghatározható egy adatállomány entrópiája. Az entrópia egy egyszerű szám, amelyet össze lehet vetni az elérhető maximális entrópiával. A kettő különbsége szoros kapcsolatban áll újraazonosítási kockázattal: minél kisebb a különbség, annál nagyobb a kockázat.

### Bevezető

A személyes adatok további feldolgozása, például, ha az kutatási célból történik, megkívánja az adatok személyazonosításra alkalmatlanná tételét. Egészségügyi adatoknál egyedül ez nyújthat valamiféle felmentést az orvosi titoktartás esküje alól. Ugyanakkor az anonimizálás sokszor rutinból, megérzések alapján és nem matematikai, statisztikai bizonyítékok felhasználásával történik. Ez nem csak Magyarországon, hanem a világ szinte minden országában így van. Ennek következtében több, a gondatlan anonimizálás veszélyeiről, és a napvilágra került incidensekről szóló írások jelentek meg a szaklapokban.

Az ún. kvázi-azonosítók alapján történő azonosíthatósággal kapcsolatos kutatások úttörője Latanya Sweeney volt, aki előbb a demográfiai adatok alapján történő azonosíthatóságról írt [8], majd a DNS adatbázisokban található szekvenciák alapján történő azonosíthatóságról [5], később az újsághírekben balesetekről, verekedésekről megjelent tudósításokban szereplő személyeket tudta azonosítani kórházi, állítólagos anonim kutatási

adatállományokban [9]. A demográfiai adatok segítségével történő azonosíthatóság magyarországi vizsgálatáról a szerző is írt [2]. Narayanan és Shmatikov a Texas Egyetemről a dátumpárok, dátum triplettek segítségével történő azonosíthatóságot vizsgálta, és úgy találta, hogy egy személyt három-négy dátum nagy valószínűséggel azonosít egy olyan adatállományban, ahol hosszabb idősorok találhatóak [6]. Garfinkel anonimizálásról készült kiadványában [4] szerepel az a lehetőség, hogy geokoordináták, időpontok és valamilyen jelentéktelen más adat pl. hitelkártya szám utolsó négy számjegye alapján két adatállományt össze lehessen kapcsolni, mondjuk gyógyszerári és élelmiszerbolti vásárlásokat. A fentiek alapján nagy igény mutatkozik olyan eljárásra, amely alá tudja támogatást tudna adni annak eldöntéséhez, hogy egy adatállomány valóban anonim-e.

A GDPR bevezetése minden egészségügyi intézményben megköveteli azt, hogy legyen adatvédelmi tisztviselő. Ők azonban képzettségüknél fogva, hiszen legtöbbször ügyvédek vagy orvosok, nincsenek megfelelő tudás birtokában, hogy az anonimitás kérdésében megalapozottan dönthessenek. A magyar Kúria is úgy tartotta, hogy a TEA (Tételes Egészségügyi Adattárház) adatállomány nem alkalmas személyazonosításra, annak ellenére, hogy 7,8 millió egyedi születési dátum, lakóhely irányítószám és nem (férfi/nő) kombináció van benne a sok más kvázi-azonosítóról nem is beszélve [3].

### **Az entrópia kiszámítása**

Az entrópia korábban a fizikában (termodinamikában) elterjedten használt fogalom volt. Az információelméletbe Shannon vezette be 1946-ban [7]. Üzenetek információtartalmát határozta meg bit mértékegységben. A szerző némileg más megközelítést alkalmaz. Tegyük fel, hogy egy adatállományban személyekre vonatkozó adatok találhatóak. Legyen a populáció, a személyek száma  $N$ . Azt határozzuk meg, hogy egy véletlenül kiválasztott érintettől átlagosan hány bit információ áll rendelkezésre a táblázatban.

A rendelkezésre álló információ mennyiség kiszámításához az ún. kvázi-azonosítókat tudjuk figyelembe venni. A kvázi-azonosítók olyan adatelemek, amelyek magukban nem alkalmasak személyazonosításra, azonban más kvázi-azonosítókkal együtt már elvezethetnek személyazonosításhoz pl. a születési dátum – irányítószám pár egy ilyen veszélyes kombináció. Az adatállományok feltörése olyan módon lehetséges, hogy egy ellenfélnek birtokába kerül egy olyan, más helyről származó adatállomány, amelyben személyazonosító adatok, továbbá a kutatási adatállományban található kvázi-azonosítók találhatók. Ekkor a két adatállomány a kvázi-azonosítók azonossága (közelsége) alapján összekapcsolható és ismertté válik az

---

adatokkal kapcsolatba hozható személy. Tekintettel arra, hogy ma már az egészségügyi adatokat állami adatbázisokban a születéstől a halálig megőrizzük, és ehhez a hackerek időről időre hozzájuthatnak, gyakorlatilag arra lehet felkészülni, hogy minden EHR rendszerben tárolt, valaha mért vagy felvett adatelem személyazonosításra felhasználható, azaz kvázi-azonosító lesz, mivel az ilyen támadások ellen ezek a rendszerek teljesen védtelenek, ugyanis együtt tárolják a személyazonosító adatokat és az egészségügyi adatokat. Az eleve kutatási célból mért vagy felvett adatelemek, amelyeket más elektronikus rendszerben biztosan nem lesznek megtalálhatók, maradhatnak ki csupán a kvázi-azonosítók köréből.



1. sz. ábra

Az entrópia kiszámításának módját az 1. számú ábra illusztrálja. Tegyük fel, hogy a kvázi-azonosítók alapján elkülöníthetünk  $k$  személyt, akiket nem tudunk megkülönböztetni egymástól. Ebben az esetben a rendelkezésünkre álló bitek száma:  $\log_2 N - \log_2 k$ , mert az  $N$  különböző személy egyedi azonosításához  $\log_2(N)$  bitre van szükség, amelyből nem ismerünk  $\log_2(k)$  bitet. A különbség pedig a logaritmus függvény azonosságai alapján egyenlő  $\log_2(N/k)$  vagy  $-\log_2(k/N)$ . A csoportba tartozó minden személyről ugyanennyi információt tudunk.

$$E(D) = \sum_{i=1,2,\dots,n}^{k_1+k_2+\dots+k_n=N} -\frac{k_i}{N} \log_2 \frac{k_i}{N}$$

Az entrópia végül is az összes kvázi-azonosító által generált csoportra (klikkre) számított súlyozott átlag, ahol  $k_i$  az  $i$ -ik csoport elemszáma,  $N$  pedig a személyek száma.  $E(D)$  a  $D$  adatállományban a személyazonosításra rendelkezésre álló információmennyiség várható értéke.

Az entrópiának sok kedvező matematikai tulajdonsága van. Néhány ezek közül megtalálható a szerző egy korábbi cikkében [1]. Az entrópia kapcsolatban áll a  $k$ -anonimitással, és teljesül rá, hogy ha egy adatállomány



$k$ -anonim, akkor az entrópia:  $E(D) < -\log_2(k/N)$ . Általános esetben azonban az egyes csoportok elemszáma változó lehet, de ekkor is képezhető a képletből, átrendezéssel egy hozzávetőleges  $\hat{k}$  érték.

$$\hat{k} = \frac{N}{2^{E(D)}}$$

Ha pedig az entrópia elég nagy, azaz  $\log_2 N - 1$  -nél nagyobb, akkor feltételezve, hogy a csoportok csak egy és kételeműek, akkor az egyelemű csoportok számára van egy becslés. Ez a szám lehet nagyobb is, ha vannak három, négy, ... elemű csoportok is.

$$n_{\text{singletons}} \geq (E(D) - (\log_2(N) - 1)) * N$$

## Mérési eredmények

A szerző a módszerét a magyar népszénelnyilvántartás adatbázisán számolta először végig. Ezek az eredmények korábban már publikálásra kerültek [2]. A teljes lakosságra, a lakóhely irányítójára 10,3 bit entrópia adódott, ami 7916-anonimitásnak felel meg. A csoportok száma 1 és 102 607 között volt (Alsóhídvég és Kecskemét). Szinte mindegyik csoport különböző méretű volt. A magyar lakosságnak megfelelő maximális entrópia, ha minden személy egy egyelemű csoport 23,254 bit.

A születési dátumot tekintve az entrópiára 14,92 bit adódott. A lakosságban 907 egyelemű csoport volt. A legtöbb, 718 főnek 1945. január 1-én volt a születésnapja. A becsült  $k$  érték 323-anonimitás, ami az egy napon született személyek átlagos számának is megfelel.



2. sz. ábra

A kombinált irányítójszám és születési dátum adatokkal az adatállomány 8 millió kis elemszámú csoportra bomlott szét. Az entrópia 22,793 bit, a 23,254

maximálisan elérhetőből. A csoportok elemszáma 1 és 16 közé esett, utóbbiból egyetlen volt (1976, szeptember 20., Kecskemét), egyelemű csoportból pedig 6 635 838 volt.

Az eredmények másik csoportját jelenti az ÁEEK-től kapott adatállományban a vizitpárok entrópiájának meghatározása. Az állomány a 2002 és 2014 közötti összes járóbeteg vizit dátumát, a rendelőintézet irányítószámának első két számjegyét, és az iránydiagnózis (BNO) első karakterét (kódolva) tartalmazta, valamint egy kapcsolati kódot, amivel az ugyanazon beteg megjelenései összekapcsolhatók. Összesen 721 millió vizitról van szó. A 2. számú ábrán szépen látszik a heti ritmusa az orvos-betegtalálkozásoknak.

Az adatállományban 12 201 235 személy szerepelt, annak köszönhetően, hogy a külföldön élő magyar állampolgároknak is felajánlották a járóbeteg ellátásokat. Voltak igencsak aktív azonosítók, a három legaktívabb 16 290, 26 813 és 78 674 alkalommal vett igénybe ellátást. Valószínűbb azonban, hogy ezek nem személyek, hanem csupán speciális TAJ azonosítók, amelyekre elszámoltak bizonyos ellátásokat. Mindenesetre a vizitpár generálásból kikerültek azok a személyek, akik ezerszer vagy többször vettek igénybe járóbeteg ellátást a tizenhárom év alatt. Ez 1968 fő, akiknek 3 348 081 megjelenése volt.



3. sz. ábra

A hatalmas méretek miatt egyelőre az olyan vizit párok kerültek meghatározásra, amelyekben a pár első dátuma 2005. januárra esett (ezt önkényesen jelölte ki a szerző). Az összes ilyen vizitpár 88,8GB adatot jelent, 3 863 139 808 vizitpárt, amelyeket az entrópia meghatározásához csoportokba kellett rendezni. Ezt olyan módon lehetett megvalósítani, hogy egy-egy 2005. januári napra eső vizitpárookra történt szűrés, ezen a kisebb állományon pedig már el lehetett végezni a csoportokba rendezést egy 16GB-os memóriával rendelkező számítógépen kb. egy óra alatt. Végül a januári

napok csoportjainak egyesítése is megtörtént. Az 1. számú táblázat mutatja be a végeredményt.

Dátum	Entrópia	Becsült $k$	Egyedi vízítpárok száma
2005. január 8.(szombat)	19,725	1,247	902 032 (83,45%)
2005. január 9. (vasárnap)	19,158	1,147	596 462 (88,86%)
2005. január 10. (hétfő)	23,254	2,889	12 809 964 (44,32%)
2005. január 11. (kedd)	23,233	2,865	12 561 551 (44,46%)
2005. január 12. (szerda)	23,214	2,750	12 234 144 (45,71%)
<b>2005. január</b>	<b>27,556</b>	<b>2,734</b>	<b>250 588 888 (46,47%)</b>

1. sz. táblázat

Az eredmények szerint hétvégén a becült  $k$  érték közel van 1.0-hoz, az egyedi vízítpárok aránya nagyon magas (több, mint 80%). Hét közben az anonimitás nagyobb, a becült  $k$  értéke 2-3 közötti érték. Az egyedi vízítpárok száma 44-47% volt. A teljes január hónapra nézve, a legnagyobb méretű csoport 3233 különböző beteget tartalmazott, 2005. január 24-én és 26-án kerestek fel budapesti rendelőintézeteket. Mindösszesen 539 225 013 különböző vízít pár fordult elő, amelyekből 250 588 888 vízít pár egyetlen beteget hatorozott meg. A csoportméretek eloszlását a 3. sz. ábra mutatja be. A maximális elérhető entrópia 29,006 lett volna, a számított entrópia 27,556 volt.

## Összefoglalás

Az itt bemutatott entrópia fogalom alkalmas annak vizsgálatára, hogy egy közvetlen személyazonosítóktól megfosztott adatállomány a benne maradt kvázi-azonosítók alapján mekkora veszélynek van kitéve egy esetleges feltörési kísérlet során. Azt nem tudja a módszer megmondani, hogy léteznek-e feltörésre használható kiegészítő adatok. Azt viszont igen, hogy ha vannak ilyenek, akkor a lakosság (betegek) mekkora csoportja van közvetlen veszélyben. Mivel a társadalom ma semmilyen védekező mechanizmussal nem rendelkezik az utólagos feltörések ellen, ezért a szerző abból indul ki, hogy bármilyen adatállományhoz előbb-utóbb előkerül egy a feltörést lehetővé tevő kiegészítő adatállomány. A kockázatot csak a kis entrópia tudja csökkenteni.

Ez a számítási módszer például jól használható lenne annak eldöntésére, hogy genetikai adatok (szekvenciák) alapján egy kutatási adatállomány mennyire veszélyeztetett. Orvosi képek feldolgozásánál az entrópia számítás

a *feature extraction* lépés után lehetne jól elvégezni. Ebből az derülhetne ki, hogy egyes feldolgozások kevésbé, mások sokkal veszélyesebbek, mert a kivont információ mennyisége nagyobb. Az egyértelműen kiderült, hogy a dátumok jelentősen növelik az entrópiát, ezért azokat el kell a kutatási állományokból távolítani, vagy évre, negyedévre kell kerekíteni.

### **Köszönetnyilvánítás**

A szerző köszönetét fejezi ki a COST Action CA19121 Network on Privacy-Aware Audio- and Video-Based Applications for Active and Assisted Living “GoodBrother” projektnek a támogatásáért.

A szerző köszönetét fejezi ki a KEKKH (Közigazgatási és Elektronikus Közszolgáltatások Központi Hivatalának) az állami népeségnyilvántartási rendszerből ingyenesen rendelkezésére bocsátott kutatási adatokért.

Ugyancsak köszönetét fejezi ki az ÁEEK (Állami Egészségügyi Ellátó Központnak) a TEA (Tételes Egészségügyi Adattárház) állományából ingyenesen rendelkezésére bocsátott járóbeteg ellátási kutatási adatokért.

### **Hivatkozások**

- [1.] Alexin, Z. (2022): Entropy based approach to personal data, In Proceedings of the International Conference on Privacy-friendly and Trustworthy Technology for Society COST Action CA19121, 28th June 2022. Zagreb, pp. 18-31. DOI: 10.5281/zenodo.6813377
  - [2.] Alexin, Z. (2014): Does fair anonymization exist?, International Review of Law, Computers and Technology, Taylor & Francis Publishing, Vol. 28 No. 1: pp. 21-44, <https://doi.org/10.1080/13600869.2013.869909> (retrieved 15th November 2022).
  - [3.] Alexin, Z.: Egészségügyi adatvédelemmel kapcsolatos bírósági ügyek (Court cases relating to medical data protection), Interdiszciplináris Magyar Egészségügy, Vol.: XVII. No.: 3, pp. 57-62, Larix Kiadó Kft. (2018.)
  - [4.] Garfinkel S. (NIST, 2015): De-Identification of Personal Information, <https://csrc.nist.gov/publications/detail/nistir/8053/final> (retrieved 15th November 2022).
  - [5.] Malin B, Sweeney L. (2001): Re-identification of DNA through an automated linkage process, Proc AMIA Symp. 2001:423-7. PMID: 11825223; PMCID: PMC2243547, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmc2243547/> (retrieved 15th November 2022).
  - [6.] Narayanan, A. and Shmatikov, V. (2008): Robust de-anonymization of large sparse datasets. In 2008 IEEE Symposium on Security and Privacy (sp 2008) (pp. 111-125).
  - [7.] Shannon, C. E. (1948). "A mathematical theory of communication". Bell System Technical Journal. 27 (3): 379–423, 623–656. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x> (retrieved 15th November 2022).
  - [8.] Sweeney, L. (2000), Simple Demographics Often Identify People Uniquely. Carnegie Mellon University, Data Privacy Working Paper 3. Pittsburgh 2000. URL: <http://dataprivacylab.org/projects/identifiability/paper1.pdf> (retrieved 15th November 2022).
  - [9.] Sweeney, L (2013). Matching known patients to health records in Washington State data, arXiv preprint <https://doi.org/10.48550/arXiv.1307.1370> (retrieved 15th November 2022).
-

## Security of IT systems in healthcare institutions

Veronika Szucs<sup>1</sup>, Gabor Aranyi<sup>2</sup>, Agnes Fogarassy-Vathy<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>University of Pannonia,

10 Egyetem str., Veszprem 8200, Hungary

<sup>1</sup>szucs.veronika@mik.uni-pannon.hu, <sup>2</sup>aranyi.gabor@mik.uni-pannon.hu,

<sup>3</sup>vathy.agnes@mik.uni-pannon.hu

***Abstract:*** The issue of security of IT systems and information systems has become a marginal issue. Healthcare institutions are in a very vulnerable position due to the ever increasing digitalization. The pandemic period in recent years has also reinforced the shift of operational processes to the digital space, from testing to the evaluation of findings, including remote working by administrative staff. Together, these processes have resulted in institutions handling personal and sensitive data in many parts of the world falling victim to cyberattacks that have stolen that data, blocked institutions from accessing their own data, and extorted unrealistically high amounts of money from victims to make their data available again, in order to prevent sensitive data from being leaked to the public.

Research and studies have focused on whether IT systems with different client-server architectures have the potential to prevent the above-mentioned, commonly known as ransomware attacks, and what tools can be used to detect attacks early (with a focus on advanced AI tools). A further research task was to determine how the availability of institutional continuity of care files can be stabilized, how backups can be protected in case of a breach, which would prevent data loss and avoid a data breach, which has been a constant compliance constraint for data controllers since the introduction of the GDPR regulation, which everyone knows came into force in 2016.

### Introduction

The last few years have seen a proliferation of cyber-attacks on public institutions, educational institutions and, unfortunately, healthcare institutions around the world. Many cases have been reported in the press, but this is just the tip of the iceberg, as it is suspected that victims of "successful" ransomware attacks do not always report the incident to the authorities when they have the opportunity. This may be due to a kind of bad habits, victims are usually ashamed of being victims and, to make matters worse, in many cases they have contacted cybercriminals demanding ransom for the recovery of their data and paid the ransom in cryptocurrency in the

hope of a quick recovery. However, this fact did not indicate that they had actually accessed their own data afterwards, nor was there any guarantee that the stolen databases had not been sold by the attackers on the dark web. Of course, there are several levels of protection against cyber attacks, the defense architecture is designed to prevent virus attacks [2, 3]. This can be achieved by protection systems built from software and hardware technology tools, intrusion prevention systems. The other critical point of protection is the protection of stored data, their secure management, the creation and continuous updating of conditions for secure and rapid recovery in the event of data corruption. A reliable file server and an associated backup system are essential for centralized data storage in productive network environments. However, in the most commonly used Microsoft Windows Server environment, shadow copies often do not provide sufficient protection against ransomware.

In this study, the focus was on file server protection solutions [4, 5, 6], in addition to the possible hardware infrastructure elements, the investigation of intrusion and file corruption prevention methods applicable on file servers and, within this, the analysis of the suitability of advanced artificial intelligence tools and data analysis tools.

## **Method**

As a first step, based on the authors' experience in previous healthcare institutions, an architecture plan was drawn up in which the client-server models for the most commonly used file storage solutions were defined using the possible IT tool mix. Subsequently, the models were built, and file structures were developed on the modelled file server, which in terms of file composition, size and basic properties (e.g. file type) represent the digital content that appears in the daily work of a healthcare institution. Examples of such content include text documents, image files, tables, and digital imaging diagnostic scans.

In this phase of the research, the authors investigated the performance of the different architectures when tested with different data in the test environment. Performance was measured by moving a bundle of files between client and servers (which could be a mirror of a simulated backup process) and measuring read and write speeds on the pre-designed test configurations.

The analysis of events logged on workstations and file servers[7] was also part of the study. The aim of the analysis was to determine whether it is possible to use the artificial intelligence toolkit to detect early signs of

ransomware attacks. During the study, log file entries were filtered out to identify those entries that belonged to file operations, and a temporal analysis of these will provide the input data set for the next research phase. Based on the temporal distribution of the file operation entries, the next research question is whether a method can be defined that can distinguish, in real time or near real time, the volume of file operations that are part of the daily work routine from the volume that could already clearly indicate an incipient ransomware attack. In this manuscript, the technological solutions will not be discussed in full depth in view of the target audience of the conference and the reader.

## Results and conclusions

### *File server protection performance test results*

The most commonly used client-server architectures were identified as shown in Table 1:

Defined C-S Architectures	Server OS	Clients OS
Architecture #1	Windows Server 2019	Linux Ubuntu 20.04 distr.
Architecture #2	Ranswer (UNIX based system)	Linux Ubuntu 20.04 distr.
Architecture #3	Windows Server 2019	MS Windows client OS (Win7, Win10)
Architecture #4	Ranswer (UNIX based system)	MS Windows client OS (Win7, Win10)

Table 1. Examined client-server combinations

To measure the speed of reading and writing files, different file sizes were created, based on the typical sizes of output files, documents, spreadsheets, database files, files storing images, etc., typical for daily work, from a few Kb (kilobytes) to 1 Gb (gigabyte). In order to simulate different workloads, there were used four different file sizes (1 GB, 4x256 MB, 256 x 4 MB, 2097 x 500 kB) to create 1024 megabytes of data in each test case. In all cases, the measurements were run with multiple repetitions in order to normalize the bias due to the initial buffering phenomenon caused by memory management. In each case, the results in Table 2 show the efficiency of reading files from the client's point of view in terms of 2 to 2 typical client-server relationships. The server architecture referred to as Ranswer in the table is a custom-built UNIX-based server environment created during the research process, the full working model of which was previously published by the authors in [1].

Table 2. Examined client-server combinations

Reading performance tests	Data composition for read test (Sum 1 GiB)			
	1 x 1 GiB	4 x 256 MiB	256 x 4 MiB	2097 x 500 kiB
Windows 7 - Ranswer / Windows 7 - Windows 2019 Server	1,07	0,98	0,97	0,91
Windows 10 - Ranswer / Windows 10 - Windows 2019 Server	0,99	0,99	0,98	0,94
Ubuntu 22.04 - Ranswer / Ubuntu 22.04 - Windows 2019 Server	1,01	1,00	0,97	1,17

The measurement results show that in cases where the ratio of the performance indicators is higher than 1, the custom file server performs better on the system running with shadow copying, while the other results indicate that the Windows19 server performance indicators are better. It should be added, however, that the server environments designed were tested with default settings, and the shadow copy service to ensure file recoverability is run by default for the UNIX-based server, whereas this has to be started separately for the Windows server, and this service was not run during the tests. Data on the extent to which enabling the service causes additional load on the server from file operations and the extent to which it changes the subsequent results of the tests are not available from the operating system developers, and therefore need to be determined by a separate set of measurements in the next phase of the research.

Through performance measurement tests, the authors have demonstrated that in any client operating system work environment, the custom-built UNIX-based server solution, which provides greater security, handles file operations with performance nearly equal to, and in many cases better than, the Windows server environment, which results in an undetectable burden on work continuity, from the user's perspective, during daily work.

***Results of file corruption and data loss prevention tests related to file server protection***

The research will also investigate how to detect the presence of ransomware at an early stage on file servers in the worst-case scenario (data loss due to ransomware, loss of integrity) using technology solutions.



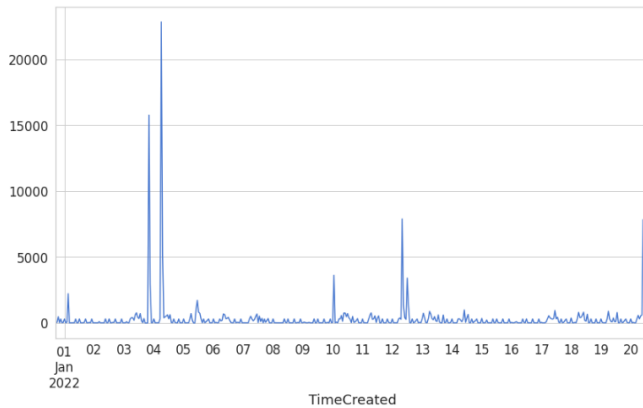


Figure 1: Time sequence based file access profile for a long period

The examination of file server log files for file operations is the appropriate basis for these investigations, as the data content of file servers is constantly changing, both as a result of workflow and system updates, and as a result of the ransomware 'activity'.

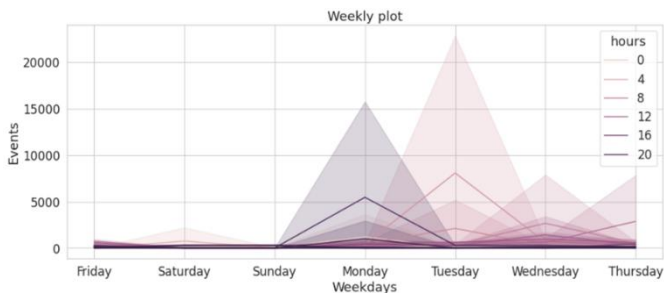


Figure 2: Weekly plot for file access profiling

The authors concluded that the analysis of log files as a data source could be a useful solution. By analysing the number of file operations per unit of time, a profile of operations can be derived which is useful for describing the general behaviour of the system and for early detection of deviations from it.

The solution has been developed using a selection of artificial intelligence tools deemed applicable for data analysis. The analyses are performed using LSTM RNN regression with data ingestion (Pandas), normalization (Scikit-learn), splitting the data set 2/3-1/3, data preparation, "adam" type optimization, 100 cycles deep learning (Keras), plotting.

The goal of the data analysis was to determine whether it is possible to use the neural network to define a system-specific, unique operation profile based on the log entries of file operations, which can determine from real-time (in theoretical tests) operations whether the current operations describe normal operation in a short time window or whether they indicate an anomaly in file operations, which could be the initial state of an incipient ransomware attack.

The results obtained in the initial state of the research show that an anomaly can be detected, but strong optimisation is still needed by fine-tuning the neural network parameters, in particular the size of the back window, which determines the inclusion of historical data, and the tuning of the parameters that allow the periods under examination, overlapping periods and real-time operation for the log entries under examination. When designing the operational profile, a long-term type of profile is needed, for example to classify changes with regular updates (Figure 1), and a mid-term type of profile is needed to design an operational profile that can be linked to the daily work, which can be weekly or daily. An example of this is shown in Figure 2. All these require large amounts of test data and will require running many more tests in the next period of research.

## References

- [1.] V. Szücs, G. Arányi, and Á. Dávid, "Introduction of the ARDS—Anti-Ransomware Defense System Model—Based on the Systematic Review of Worldwide Ransomware Attacks," *Applied Sciences*, vol. 11, no. 13, p. 6070, Jun. 2021, doi: 10.3390/app11136070.
- [2.] F.O.Alomary, Defend Against Ransomware Detection Using Intrusion Detection System (IDS). *Int. J. Comput. Sci. Netw. Secur.* 2020, 20, 11–16
- [3.] Ellis, C.; Turner, B.; Williams, M. Best ransomware protection of 2021: Free and paid decryption tools. <https://www.techradar.com/best/best-ransomware-protection>, 25 04 2021.
- [4.] Lemmou, Y.; Lanet, J.L.; Souidi, E.M. A behavioural in-depth analysis of ransomware infection. *IET Inf. Secur.* 2021, 15, 38–58, doi:10.1049/ise2.12004.
- [5.] Jeong, Hye-Lim; Park, Ki-Woong, "EAM: Virtual Synchronized File-based Transparent and Privacy-Enhanced Storage System, INTERNATIONAL JOURNAL OF SECURITY AND ITS APPLICATIONS, Vol.10, issue 9, 2016, 284-294.
- [6.] Yoo, Sang-Guun; Park, Keun-Young; Kim, Juho, "Confidential information protection system for mobile devices", *SECURITY AND COMMUNICATION NETWORKS*, Vol.10, issue 9, 2012.
- [7.] Candido, J; Aniche, M; van Deursen, A, "Log-based software monitoring: a systematic mapping study", *PEERJ COMPUTER SCIENCE*,2021.

## **Other physiological effects of light pollution from outdoor lighting systems**

Ádám Brand<sup>1</sup>, Róbert Nagy<sup>2</sup>, Veronika Szücs<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>University of Pannonia, Veszprém

<sup>1</sup>brand.adam@mik.uni-pannon.hu, <sup>2</sup>nagy.robert@mik.uni-pannon.hu,

<sup>3</sup>szucs.veronika@mik.uni-pannon.hu

***Abstract:*** Such little study has been conducted on the physiological impacts of outdoor illumination and a human impact of light pollution. As exemplified by LED light sources, the tendency in the development of light sources for urban lighting is mostly toward energy efficiency and enhancing the quality of illumination, with little or no regard for considerations such as the physiological impacts of the light sources utilized. People are unlikely to be exposed to public illumination for extended periods of time, which may explain why this effect is regarded to be insignificant. In contrast, there are situations in which the light source used for street lighting is located at a considerable distance from residential buildings and is positioned in such a way that the occupants are almost entirely exposed to street lighting during the lighting period, such as to light coming through windows at night, which adversely affects the sleep cycle. It will take careful analysis to establish if this impact has been altered by the modernization of street lighting, if this light pollution of humans may be decreased or eliminated, and, if so, what adjustments are required to systems that fulfill standard lighting requirements. This may include reconsidering the design of street lighting in accordance with the design principles of human-centered illumination.

### **Introduction**

The development of modern street lighting as we know it today goes back a long way in history. Over time we have moved from candles and lanterns to LED-based technology. In the evolution of lighting, two parameters have always been the most important: energy efficiency and improving the quality of lighting. As the number of luminaires used in street lighting has gradually increased over time, and as new technologies have increased the performance of these luminaires, a new concept has emerged: light pollution. It is now known that light pollution is part of the environmental damage. Many studies have been carried out on the destructive effects of light pollution on

ecosystems, in particular on insects and bats. By contrast, there are far fewer studies on the impact of light pollution and street lighting itself on human life. This may be because people are not expected to be exposed to these effects for long periods of time, whereas the reality is more nuanced [1][2][3][4][5].

### **Aim of the research**

Examining the physiological effects of street lighting and light pollution on people where these effects are not negligible due to the location of their properties and street lighting. The problem is illustrated in Figure 1. The aim is to carry out a preliminary study and establish a correlation between the impact of street lighting on the sleep quality of the groups of people concerned and the possible physiological effects that this may have. The results of the preliminary study will be further analyzed in a comprehensive study of detailed physiological effects.

### **Method**

#### ***Technical background of the experiment***

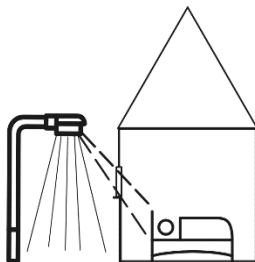


Figure 6. An illustration of scattered light hitting a sleeping person, caused by the proximity of a street light fixture.

The experiment was carried out in the so-called "colour laboratory" of the University of Pannonia, which has the peculiarity of 24 channel tunable LED luminaires on the ceiling. The significance of this is that almost any spectrum of light can be produced in the visible range (380 nm - 780 nm).

The majority of cities in Hungary already have a so-called lighting master plan, which gives detailed specifications for the parameters of the street lighting to be used in the municipality. According to the Budapest Master Plan, for lighting zones where residential buildings may be present, a luminaire with a colour temperature of up to 3000 K (+ up to 5%) may be used. <sup>[6]</sup> It is worth noting that according to the survey in the draft, 88% of

---

street lighting in Budapest is based on high-pressure sodium lamps and the number of luminaires using LED technology is still negligible. This is important because the two technologies emit light in slightly different spectral ranges. The spectrum of sodium lamps is much smaller, with a negligible blue spectral range, whereas for LED technologies this spectral range can be significant. The spectrum of the light we configured for this experiment is shown in Figure 2. The correlated colour temperature of the configured light is 2917 K, which is in accordance with the Budapest specifications. The illumination level used in the experiment is 0.7 lx, which was determined empirically - illumination close to night illumination by the full moon.

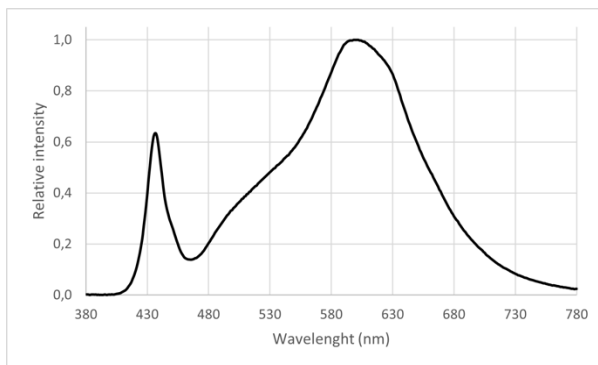


Figure 7. Spectra of the light used in the experiment, with significant blue content (400nm - 480 nm).

### ***Human background of the experiment***

The composition of the light should be emphasised because the so-called ipRGC ganglion cells are sensitive to the blue and violet range, which LED technologies usually contain higher amounts of. Ganglion cells of the ipRGC type are not connected to the visual centre and therefore have no role in imaging, but stimulation of these cells directly affects melatonin hormone production, which in turn regulates the so-called circadian rhythm [7][8][9][10].

The experiment was carried out with the help of 10 contributors. The target group was the working age population. A prerequisite for participation was that the participants had not consumed any substance that could affect sleep (coffee, tea, alcohol and other stimulants) in the 24 hours before the experiment. Since the experiment was conducted in the early afternoon, an

---

additional condition for participation was that participants' habits included regular short naps in the afternoon.

The duration of the experiment was defined as a minimum of 1.5 hours, i.e. the time of an average sleep cycle. Such a cycle usually consists of 4 NREM (non-rapid eye movement) and 1 REM (rapid eye movement) phases [11], each of which stimulates different parts of the brain. In practice, the minimum time meant that each participant had to spend at least this much time in the room, but if they managed to fall asleep within this time, they were not artificially awakened after 1.5 hours, but waited until they woke up on their own.

During the experiment, the participants' heart rates were measured from the moment they entered the room until they left the room [12], and after the experiment, the participants were asked to fill in a questionnaire about their sleep habits and the quality of the experimental sleep.

## Results

The biophysical results of the experiment are summarised in Table 1. The table shows three average heart rate values for each participant: "avg." (average of the whole measurement), "first quarter avg." (average of the first quarter of the total measurement), "last quarter avg.". The "tendency" shows the change from the average of the first quarter and the last quarter. A summary of the subjective opinions of the experiment based on the questionnaire is summarised in Table 2. The line number associated with each person is fixed, so in both tables the identity of the person associated with the line number is the same. The "experienced effect" refers to the effect the test subject felt before entering the room, or the personal impression he or she had when leaving the room at the end of the experiment.

Person	Pulse (Beats Per Minute)			
	avg.	first quarter avg.	last quarter avg.	tendency
1	63	65	63	-
2	77	83	77	-
3	72	70	73	+
4	47	48	48	0
5	55	61	56	-
6	85	81	81	0
7	65	65	64	-
8	58	64	63	-
9	64	68	63	-
10	55	60	57	-

Table 1. Heartrate measure results

Person	age group	slept?	experienced effect?
1	18-25	no	nothing
2	18-25	hardly	refreshed
3	26-35	no	refreshed
4	26-35	hardly	refreshed
5	36-45	hardly	refreshed
6	55+	hardly	nothing
7	55+	no	refreshed
8	18-25	hardly	refreshed
9	46-55	no	nothing
10	26-35	hardly	refreshed

Table 2. Sleep test results

## Conclusions

The data from the experiment show that 60% of the people in the experiment were able to fall asleep for at least a short time, while 40% were unable to fall asleep at all, but there is no clear correlation between the trend in heart rate and whether or not the person was able to sleep, because whether or not they slept, the trend in heart rate decreased in 70% of the people tested. This means that, regardless of sleep, the majority were relaxed by the time spent in the room despite the lighting. Interestingly, none of the people in the experiment reported a negative effect, but on the contrary 70% found the time spent in the room refreshing, while 30% felt no difference between the time spent in the room before and after. This is contrary to our preliminary expectations, as we expected that constant lighting would cause increased wakefulness, making the process of sleep and rest more difficult.

The findings above suggest that the ipRGC ganglion cells were not exposed to light for a sufficient period of time or that the spectrum used did not contain a sufficiently high relative intensity blue wavelength component, which incidentally has a CLa value 1.8 times higher[13] than a conventional high-pressure sodium lamp. In the following, the experiment will be performed with an increased duration to ensure activation of ipRGC ganglion cells.

Based on the results of our short duration experiment, no health risk due to sleep quality impairment can be identified.

## Acknowledgement

The authors would like to thank all the participants in the experiment who supported the research.

**References**

- [1.] Singhal R.K., Kumar M., and Bose B. "Eco-physiological Responses of Artificial Night Light Pollution in Plants", *RUSSIAN JOURNAL OF PLANT PHYSIOLOGY*, vol. 66, pp. 190-202, 2019
- [2.] Rowse Elizabeth G., Harris Stephen and Jones Gareth „Effects of dimming light-emitting diode street lights on light-opportunistic and light-averse bats in suburban habitats”, *ROYAL SOCIETY OPEN SCIENCE*, vol. 5, 2018
- [3.] Saraiji Riad, and Oommen M. Saju, "Light Pollution Index (LPI): An Integrated Approach to Study Light Pollution with Street Lighting and Facade Lighting," *LEUKOS*, vol. 9, pp. 127-145, 2012
- [4.] Meravi Neelami, and Prajapati Santhos Kumar „Effect street light pollution on the photosynthetic efficiency of different plants”, *BIOLOGICAL RHYTHM RESEARCH*, vol. 51, pp. 67-75, 2020
- [5.] Mbugua Samantha Wanjiru, Wong Choong Hay, and Ratnayeke Shyamala „Effects of artificial light on the larvae of the firefly *Lamprigera* sp. in an urban city park, Peninsular Malaysia”, *JOURNAL OF ASIA-PACIFIC ENTOMOLOGY*, vol. 23, pp. 82-85, 2020
- [6.] „Budapest's lighting master plan”, <http://terkoz.budapest.hu/wp-content/uploads/2017/07/Budapest-Vilagiitasi-Mesterterva.pdf>
- [7.] Muench Mirjam, and Kawasaki Aki „Intrinsically photosensitive retinal ganglion cells: classification, function and clinical implications”, *CURRENT OPINION IN NEUROLOGY*, vol. 26, pp. 45-51, 2013
- [8.] Zele Andrew J., Feigl Beatrix, Smith Simon S., and Markwell Emma L. „The Circadian Response of Intrinsically Photosensitive Retinal Ganglion Cells”, *PLOS ONE*, vol. 6, 2011
- [9.] Souman Jan L., Borra Tobias, de Goijer Iris, Schlangen Luc J. M., Vlaskamp Bjorn N. S., and Lucassen Marcel P. „Spectral Tuning of White Light Allows for Strong Reduction in Melatonin Suppression without Changing Illumination Level or Color Temperature”, *JOURNAL OF BIOLOGICAL RHYTHMS*, vol. 33, pp. 420-431, 2018
- [10.] Vartanian Garen V., Li Benjamin Y., Chervenak Andrew P., Walch Olivia J., Pack Weston, Ala-Laurila Petri, and Wong Kwoon Y. „Melatonin Suppression by Light in Humans Is More Sensitive Than Previously Reported”, *JOURNAL OF BIOLOGICAL RHYTHMS*, vol. 30, pp. 351-354
- [11.] Herrmann WM, Kubicki S., Danker-Hopfe H., and Roehmel JF. „Theories about sleep and EEG-sleep stages”, *KLINISCHE NEUROPHYSIOLOGIE*, vol. 32, pp. 70-75, 2001
- [12.] Versace F., Mozzato M., Tona GD., Cavallero C., and Stegagno L. „Heart rate variability during sleep as a function of the sleep cycle”, *BIOLOGICAL PSYCHOLOGY*, vol. 63, pp. 149-162
- [13.] Mark S Rea, Mariana G. Figueiro, Andrew Bierman, and John D. Bullough „Circadian light”, *JOURNAL OF CIRCADIAN RHYTHMS*, 2010



## **A kardiológiai ellátórendszer ellátási hálózatának vizsgálata, hálózat tudomány módszertanai alapján.**

Vassy Zsolt<sup>1</sup>, Vassányi István<sup>1</sup>, Kósa István<sup>1,2</sup>, Csermely Péter<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Pannon Egyetem, Egészségügyi Informatikai Kutató-Fejlesztő Központ,  
8200 Veszprém Egyetem utca 10.

<sup>2</sup>SZTE ÁOK, Orvosi Rehabilitáció és Fizikális Medicina Tanszék,  
6720 Szeged, Korányi Fásor 8-10

<sup>3</sup>Semmelweis Egyetem, Molekuláris Biológiai Tanszék  
1094 Budapest, Tűzoltó utca 37-47.

[zsolt.vassy@gmail.com](mailto:zsolt.vassy@gmail.com)

**Összefoglaló:** A tanulmány célja egy olyan új módszer és eredményeinek bemutatása, amelynek segítségével körvonalazódnak a kardiológiai beteg ellátási adatok alapján a kardiológiai ellátórendszer kiemelkedő szerepű intézményeinek topológiája és kapcsolati rendszere. Ezen kardiológiai beteg ellátási adatok régóta kutatócsoportunk fókuszában vannak. A korábbi kutatásaink során az intézményeket ellátási mintázat alapján összehasonlítva és csoportosítva feltűnt, hogy bizonyos intézmények kiemelt szerepet töltenek be az ellátási láncban. A mostani vizsgálat során kétféle hálózat építéssel is megkerestük az ellátási rendszer topológiailag kiemelt nódusait és éleit: egyrészt az egyetemi egészségügyi intézmények ellátásban betöltött közvetlen szerepét vizsgáltuk a klinikai betegutakból kiépített egészségügyi intézmény hálózatban a hálózat skeletonjának megkeresésével, másrészt, az egyetemi intézmények hatását közvetetten is megvizsgáltuk az intézmények ellátási spektruma alapján, korrelációs klaszteranalízis segítségével épített hálózatban, azonos módon, a hálózat skeletonjának meghatározásával. A teljes populációból épített hálózat esetében a betweenness centrality vagyis köztesség alapján képzett hálózati skeleton azt mutatta, hogy az értékek felső 0,5%-át kiválogatva az egyetemi intézmények (klinikák) kerültek be ebbe a kiválasztott halmazba. A korreláció alapján készített 136 nódusból álló hálózat felső betweenness centrality értékeinek 13 nódusa (10%) is tartalmazza az egyetemi klinikák ellátó intézményeit. A két hálózat skeletonjának megalkotásakor az egyetemhez köthető ellátó intézmények a többi intézményhez képest kiemelkedő szerepet töltenek be.

## Bevezető

Általánosan az intézményi ellátási rendszerek rendelkeznek egy regionális jelleggel. Ez a regionalitás nem csak az orvosi ellátási intézményekre igaz [1],[2]. Az egészségügyi területen is bebizonyították az ellátás nagy mértékű regionalitását, ennek természetes háttere, hogy az orvosi döntések sokváltozós folyamatok, sok paramétert kell figyelembe venni egy döntéshez, az ellátási protokollok ellenére is vannak tanult folyamatok, amelyek a regionalitást erősítik. Ezeket a folyamatokat az orvosi egyetemeken tanítják, valamint az egyetemi klinikákon gyakorolják be az ellátást is a jövő orvosai, ezért ezek az intézmények lehetnek a regionalitás forrásai is. Magának az orvosi ellátás regionalitásának, kiterjedt szakirodalma van a teljes orvosi ellátásra vetítve [3], illetve szakterületenként is [4],[5].

A regionalitás ellentmond annak a ténynek, hogy előírt szakmai protokollok írják le az ellátás folyamatait. Ezeknek a protokolloknak szintén van tudományos szakirodalma [6],[7]. Az orvosok viszont nagyfokú döntési szabadsággal is rendelkeznek, a szakorvos egyéni felelőssége, hogy a páciens állapotát, annak kockázatát a rendelkezésére álló diagnosztikai eredmények és múltbéli adatok alapján megítélje.

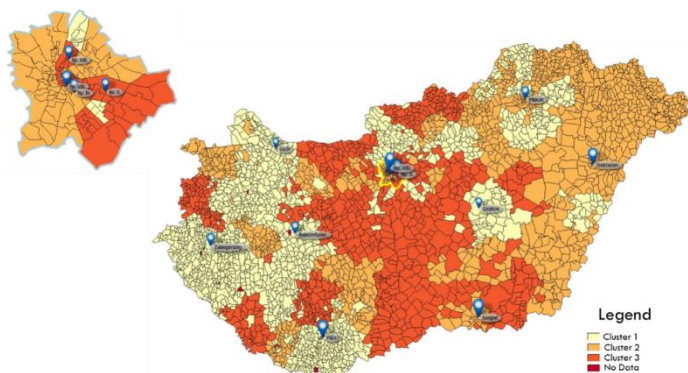
Kardiológiai ellátás esetén egy magas kockázatú beteget a protokoll folyamatait átugorva a szakorvos akár azonnal invazív vizsgálatra (koronagráfiára) küldhet, azonban ha a szakorvos nem lát nagyobb kockázatot, akkor a protokollt betartva előbb a beteget nem képalkotó terheléses vizsgálatnak vetik alá (terheléses EKG), ennek eredményének függvényében pedig a szakorvos képalkotó terheléses vizsgálatot (terheléses echocardiographia, terheléses myocardium perfúziós SPECT) rendelhet el. Rendelkezésre állhatnak noninvazív képalkotó eljárások, mint a koronaria MR és koronaria CT, de képalkotó terheléses vizsgálat is indítható a páciens kivizsgálása [8]. Az, hogy az orvos döntési szabadsággal rendelkezik, és ennyire sokféle diagnosztikai lehetőség közül választhat, matematikailag is igen sokféle betegutat eredményezhet. Az ellátási adatok ismeretében ezek a különböző betegutak, eltérő valószínűséggel ugyan, de bekövetkeznek a valóságban is. A gyakrabban előforduló betegutak az intézményekben kialakult döntéshozatali gyakorlatra mutatnak rá.

A szakirodalomból is ismert, hogy a klinikai gyakorlatot szabályozó tudományos irányelvek hatása korlátozott [9], [10]. Ehhez hozzájárul az is, hogy az ajánlott gyakorlattól való eltérést maguk az ellátási protokollok is megengedik.

Korábbi tanulmányaink során már láthattuk, hogy az ellátási rendszerben jelentkező különbségek regionális jellegűek [11] (1 sz. ábra - klinikai eljárási

---

utak alapján csoportosítva az intézményeket első szintű klaszterezés ezt a három csoportot eredményezte, jól látható a csoporthoz tartozás regionális jellege) és azt is kimutattuk, hogy az egyetemi klinikák voltak a kiemelkedő befolyással rendelkező intézmények az ellátási csoportokon belül [12].



1. sz. Ábra

A jelen vizsgálat során kétféle hálózat építéssel is megkerestük az ellátási rendszer topológiailag kiemelt nodusait és éleit:

- Egyrészt az egyetemi egészségügyi intézmények ellátásban betöltött közvetlen szerepét vizsgáltuk a klinikai betegutakból kiépített egészségügyi intézmény hálózatban a hálózat skeletonjának megkeresésével.
- Másrészt az egyetemi intézmények hatását közvetetten is megvizsgáltuk az intézmények ellátási spektruma alapján, korrelációs klaszteranalízis segítségével épített hálózatban, azonos módon, a hálózat skeletonjának meghatározásával.

## Adatok

A bemeneti adatok forrása az ÁEEK. Az adatok 2003. április 30. és 2013. április 30. közötti időszakra vonatkoznak és 1.256.664 olyan beteg adata szerepel bennük, akik iszkémiás szívbetegséggel kapcsolatos diagnosztikai eljáráson estek át. A páciensek elsődlegesen a 136 különböző primer ellátó centrum valamelyikében lettek megvizsgálva.

Az egyes ellátási szinteket a következő beavatkozások alapján azonosítottuk (ezeknek az ellátási szinteknek a korrelációs klaszterelemzés esetén volt jelentősége, ahol ezek alapján épültek fel az egyszerűsített és összehasonlítható betegutak):

- primer centrumok: ahol terheléses EKG-k történtek
- szekunder centrumok: ahol a terheléses noninvazív képalkotó eljárások történtek
- terciér centrumok: ahol az elektív invazív vizsgálatok történtek.

## **Módszer**

### ***Hálózati skeleton***

A hálózat tudomány tudományos irodalmában a topológiai struktúra megértése fontos tudományos kérdés. A közösségi hálózatok tudományos vizsgálatában a hálózati skeleton használata a topológiai struktúra megértéséhez elfogadott módszertan [13].

A hálózati skeleton megalkotásához megnéztük, hogy mi marad a hálózatunkból, ha olyan alhálózatot választunk ki (ez lesz maga a hálózati skeleton), ahol a betweeness centrality értékek alapján csak a nódusok felső 0,5, 1, 10 százalékát hagyjuk meg és ezek egymás felé való kapcsolatait.

### ***Klinikai utakból való hálózat építés***

Az elemzésekhez az ellátóhelyekből hálózatot hoztunk létre, ahol a hálózat nódusai a különböző ellátóhelyek, az éleket pedig a betegutak határozzák meg. Az így keletkezett 3.157 nódust és 1.909.363 élt tartalmazó hálózaton vizsgáltuk a hálózat skeletonjában az egyetemi intézmények szerepét.

### ***Ellátási rendszer hasonlósága alapján épített hálózat***

Az ellátási eljárások eloszlási hasonlósága alapján létrehozott hálózat skeletonjában szintén megvizsgáltuk ugyanezen intézmények szerepét.

A primer ellátó centrumokból, az ellátási útvonalak hasonlóságán alapuló módszertannal épített hálózat esetében a “véleményvezérek” olyan intézmények, amelyek az adott hálózat legjellemzőbb ellátási mintáit produkálják.

## **Eredmények**

### ***Klinikai utakból épített hálózat elemzése***

Ez a hálózat írja le a valós betegutakat. Mint azt korábban már kimutattuk [12] egy véletlenszerűen kiválasztott beteg 8,51-szer nagyobb valószínűséggel lesz egyetemi klinikán kezelve, mint más ellátási intézményben. Ez a tényadat visszaköszön a hálózati skeletonból is. A nódusok betweeness centrality alapján kiválasztott felső 0.5%-a (3157 nódust

tartalmazott a hálózat, tehát ez 15 ellátási intézményt jelent) tartalmazza az egyetemi klinikákat.

Amennyiben több egyetemi klinika is van egy régióban, vagy egy városban (Szeged, Debrecen) akkor ezek egymáshoz nagyon erősen kapcsolódnak. Általában elmondható, hogy a skeletonban maradt ellátó intézmények regionálisan kapcsolódnak erőteljesen (mivel az ellátás eleve regionális jellegű). Vannak olyan ellátási helyek is (Miskolc), amelyek ebben a skeletonban kissé le vannak szakadva a többi nódusról. Ezek nem egyetemi klinikák, de akkor régiót fednek le, ahol súlyponti szerepük kiemeli őket.

### ***Ellátási rendszer hasonlósága alapján épített hálózat elemzése***

Talán érdekesebb eredményeket kaptunk az ellátási minták hasonlósága alapján épített hálózatok esetében. Ebben a hálózatban csak 136 nódus volt, így itt a hálózati skeleton megalkotásánál a felső 0,5 és 1 százalékos betweenness centrality kiválasztása nem eredményez elegendő nódust. Ha azonban 10%-os határértékkel dolgozunk, akkor viszont az egyetemi klinikák bekerülnek a kiválasztott 13 intézménybe.

Az 1. számú ábrán látható, hogy az ezen a hálózaton végzett klaszterelemzés esetében ugyan a regionalitás egyértelmű, vannak azonban kiugró régiók, amelyek nem csatlakoznak a környezetükhöz. A hálózati skeleton esetében az élek sokkal erősebb regionalitást mutatnak.

### **Diszkusszió**

A korábban tapasztaltakat aláhúzza [12], hogy az új módszertan alapján is az egyetemi klinikák kiemelt jelentőségű szerepet töltenek be az egészségügyi ellátórendszerben. Az ellátás súlypontjait alkotják, tehát ez a szerep már magából a betegirányítás felépítéséből is adódhat.

Érdekes bizonyos nagyvárosi klinikák szerepe (pl. Miskolc), amelyek nem kimondottan egyetemi intézmények, mégis erős regionális központok, sok embert látnak el, és ezáltal előkelő szerepet kapnak az ellátási hálózat topológiájában.

### **Hivatkozások**

- [1.] Andrés Rodríguez-Pose (2013) Do Institutions Matter for Regional Development?, *Regional Studies*, 47:7, 1034-1047, DOI: 10.1080/00343404.2012.748978
- [2.] Arbo, P. and P. Benneworth (2007), "Understanding the Regional Contribution of Higher Education Institutions: A Literature Review", *OECD Education Working Papers*, No. 9, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/161208155312>.
- [3.] Lewis CE. "Variations in the incidence of surgery." *N Engl J Med*. 1969 Oct 16;281(16):880-884.

- [4.] Goodman DC, Goodman AA., “Medical care epidemiology and unwarranted variation: the Israeli case.” *Isr J Health Policy Res.* 2017 Feb 20;6:9.
- [5.] Church J, Barker P. Regionalization of Health Services in Canada, “A Critical Perspective. *International Journal of Health Services.*” 1998;28(3):467-486.
- [6.] Kolh P, Wijns W, Danchin N, et al. “Guidelines on myocardial revascularization.” *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 2010; 38, Supplement 1: S1–S52.
- [7.] Hillis LD, Smith PK, Anderson JL, et al. 2011 “ACCF/AHA Guideline for Coronary Artery Bypass Graft Surgery: A Report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines Developed in Collaboration With the American Association for Thoracic Surgery, Society of Cardiovascular Anesthesiologists, and Society of Thoracic Surgeons.” *Journal of the American College of Cardiology* 2011; 58: e123–e210.
- [8.] Levine GN, Bates ER, Blankenship JC, et al. 2011 “ACCF/AHA/SCAI Guideline for Percutaneous Coronary Intervention: A Report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines and the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions.” *Journal of the American College of Cardiology* 2011; 58: e44–e122.
- [9.] G. Flodgren, A. M. Hall, L. Goulding, M. P. Eccles, J. M. Grimshaw, G. C. Leng, and S. Shepperd. “Tools developed and disseminated by guideline producers to promote the uptake of their guidelines”. *Cochrane Database of Systematic Reviews.* 2013, Issue 8. CD010669
- [10.] F. Fischer, K. Lange, K. Klose, W. Greiner, and A. Kraemer. “Barriers and Strategies in Guideline Implementation-A Scoping Review.” *Healthcare.* 2016, 4(3), 36;
- [11.] Zsolt Vassy, István Kósa, István Vassányi: “Correlation Clustering of Stable Angina Clinical Care Patterns for 506 Thousand Patients”, *JOURNAL OF HEALTHCARE ENGINEERING* 2017: Paper 6937194. p., 10 p.
- [12.] Vassy, Zsolt ; Vassányi, István ; Kósa, István A kardiológiai ellátórendszer kiemelkedő befolyással rendelkező intézményei: Az Egyetemi Klinikák - Neumann Kollokvium konferencia-kiadványa Veszprém, (2021) pp. 51-57.
- [13.] X. Zhang, J. Zhu, Skeleton of weighted social network, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Volume 392, Issue 6, 2013, Pages 1547-1556, ISSN 0378-4371, <https://doi.org/10.1016/j.physa.2012.12.001>.

## Kardiológiai rehabilitációs betegutak elemzése

Vassányi István<sup>1</sup>, Kósa István<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Pannon Egyetem Egészségügyi Informatikai K+F Központ, Veszprém

<sup>2</sup>MH-EK Honvédkórház, Kardiológiai Rehabilitációs Intézet, Balatonfüred

Email: vassanyi.istvan@mik.uni-pannon.hu

**Összefoglaló:** A szerzők 8 év finanszírozási jelentései alapján betegre bontottan elemzik kardiológiai invazív beavatkozások és rehabilitációs ellátások idősoros adatait. A módszer lényege az ellátási események tipizálása, majd ezekből a gyakorlatnak megfelelő, szintén tipizált eseménysorok készítése. Az elemzés során megynként kiszámítottuk a rehabilitációs rátát (RR) a különféle típusokra, és elemeztük különböző független változók hatását a betegek akut esemény utáni túlélésére. A RR elemzése igen szélsőséges, egy nagyságrendnyi különbségeket tárt fel a megyék között, első sorban kelet-nyugati különbségekkel. Az eseménysor-típusok túlélési görbéi jelentősen eltérnek egymástól, az esemény utáni halálozás kockázatára pedig jelentős hatással van a beteg neme, életkora, az eseménysor típusa, illetve a rehabilitáció hossza. További vizsgálatokat igényel, hogy különböző rész csoportok esetében a rehabilitációs arány eltolódása hatással van-e adott túlélési esélyeire.

### Bevezető

A betegutak populáció szintű elemzése és a de facto ellátási mintázatok azonosítása jól használható az ellátó rendszer stratégiai tervezéséhez. A kardiológia rehabilitációs kezelések kedvező hatása a prognózisra invazív kardiológiai ellátásokat követően közismert [1], ennek ellenére az invazív ellátásokat követően csak a betegek tört része kerül rehabilitációs kezelésre [2]. Hazánkban eközben számottevő kapacitásokat kötnek le az ismétlődő ellátások. Jelen munkánk célja a hazánkban finanszírozásra került aktív és a rehabilitációs kezelések mennyiségi jellemzőinek felmérése.

### Módszer

Tanulmányunkba a 2004.01.01 és 2012.11.30 között kardiológiai rehabilitációs intézetbe felvett, illetve ugyanezen időszakban aktív ellátó osztályról invazív kardio-vaszkuláris ellátást kapott betegek adatait vontuk be a NEAK eset szintű anonimizált adatbázisát felhasználva.

Az elemzés követi a korábban már iszkémiás szívbetegséggel hospitalizált betegutak feltárására használt módszert [3,4]. A finanszírozási rekordokhoz kötött diagnózis- és beavatkozás kódok alapján a NEAK esetekből tipizált

ellátási eseményeket készítettünk, a B (műtéti koronária revaszkularizáció), P (perkután koronári revaszkularizáció), illetve V (billentyű műtét) eseményekre. A konkrét kódokat lásd korábbi publikációnkban [5]. A kórházon belüli áthelyezésekből adódó redundáns eseteket összevontuk. Rehabilitációs eseményként az 4 napot meghaladó időtartamú kardiológiai rehabilitációs kezelést fogadtuk el. Az eseményekből az ellátási gyakorlatnak megfelelő logikával és időkorlátokkal eseménysorokat állítottunk össze betegenként, három lehetséges típussal: akut eseményt követő rehabilitáció (AR), rehabilitáció mentes akut ellátás (A), és akut esemény nélküli, úgynevezett tervezett rehabilitáció (R).

Megyenként kiszámítottuk a teljes vizsgálati időszakra a rehabilitációs rátát (RR), mint az egész időszakban végzett akut rehabilitációra kerülő esetszám arányát az összes vizsgált akut ellátási esetszámhoz képest ( $AR/[AR+A]$ ), illetve ezen arányszámot külön az infarktusos, illetve nem infarktusos eseménysorokra, majd vizsgáltuk a területi különbségeket.

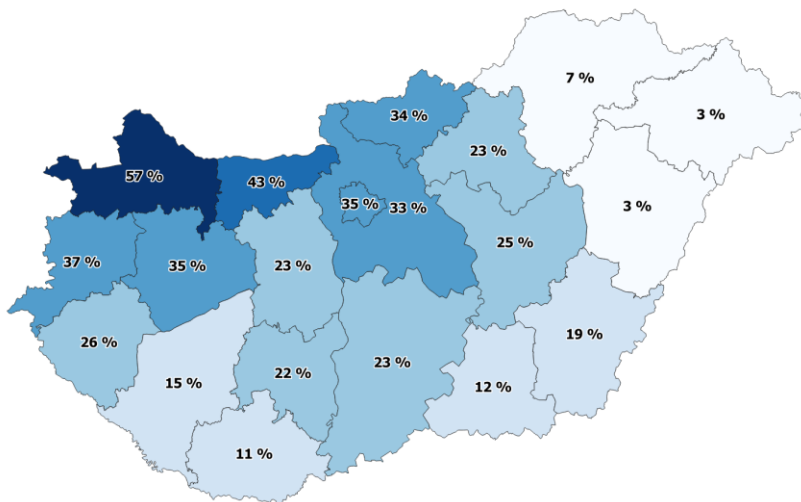
Elemeztük a betegek akut esemény utáni túlélését Kaplan-Meier (KM) túlélési görbékkel és Cox-regresszióval, melyben a független halálzási kockázati tényezők a beteg neme, kora, az eseménysor típusa, az infarktus jelenléte, az akut esemény és a rehabilitáció kezdete között eltelt idő és a rehabilitáció hossza voltak. A túlélés-elemzésben csak az egy akut eseménysorral rendelkező betegeket vettük figyelembe.

## Eredmények

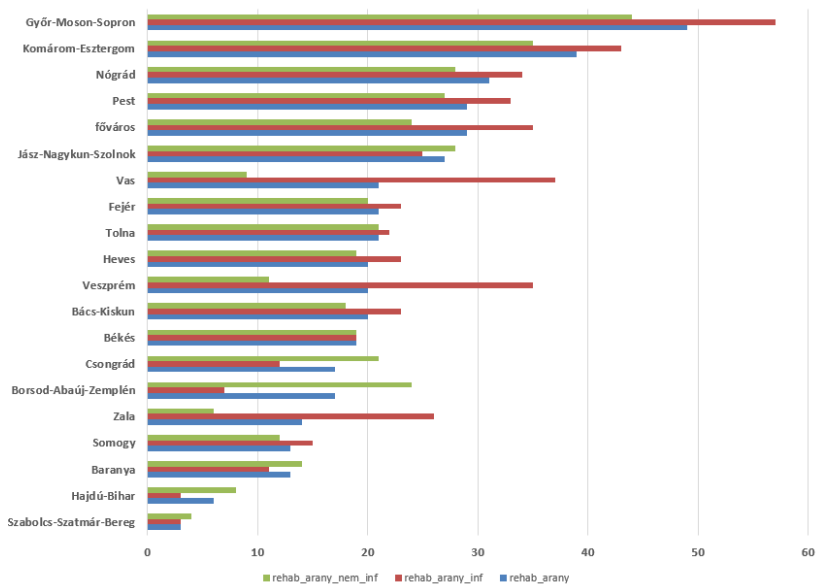
A vizsgálatban az adattisztítás után 209,087 beteg 399,721 eseménye szerepelt, a típusok megoszlását az alábbi táblázat mutatja.

Típus	Infarktus	Betegek száma	Események száma
B	igen	1,706	1,707
	nem	19,720	19,318
V	igen	263	263
	nem	13,274	13,534
P	igen	58,705	63,003
	nem	61,188	79,648
R	N/A	127,797	222,248





Magyei rehabilitációs ráták [%]

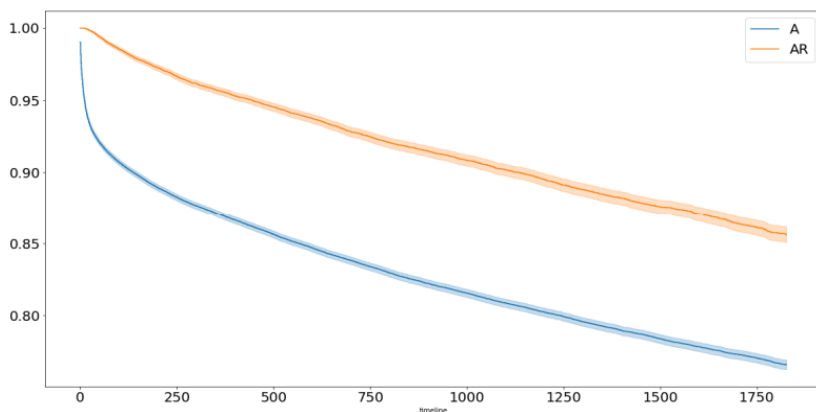


Az eseménysor-típusok megoszlása: A: 111,102, AR: 31,884, R: 146,209. Nem minden eseménnyel rendelkező beteghez tudtunk eseménysort készíteni, az elemzés csak 200,154 beteg 289,195 eseménysorát használta fel.

Az A vagy AR eseménysorral rendelkező betegek átlagéletkora az akut esemény időpontjában 63.7 (szórás 11.87) év volt, a betegek közül 132,482 nő, 156,713 férfi. 13,946 betegnek (6.9%) volt egynél több akut eseménysora, őket a túlélés-elemzésből kizártuk. Rehabilitációs kezelés átlagosan  $19,80 \pm 19,56$  nappal az akut eseményt követően indult el.

A RR elemzése igen szélsőséges, egy nagyságrendnyi különbségeket tárt fel a megyék között, első sorban kelet-nyugati különbségekkel (lásd a késsel színezett országtérképet). Az ábra az infarktusos eseménysorok rehabilitációs rátáit mutatja. Az oszlopdiagramos alsó ábrán látható, hogy a RR szinte minden megyében *magasabb* az infarktusos eseménysorok esetén, mind a nem infarktusosaknál.

Az AR és A típusú eseménysorok KM túlélési görbéi jelentősen eltérnek egymástól:



A Cox-regresszió szignifikáns eredményei: az A típushoz az AR-hez képest 99%-kal nagyobb halálozási kockázat társul, ha az eseménysor infarktusos, az 62%-kal, ha a beteg férfi, az 10%-kal, a kor minden éve pedig 5%-kal nagyobb kockázatot jelent. Amennyiben a megyei RR-t tekintjük független változónak, a COX regresszió szerint ez nem módosítja az ellátottak halálozási kockázatát.

Ha csak az AR eseménysorokat tekintjük, a rehabilitáció hosszának növekedése naponként 2%-kal kisebb halálozási kockázattal társul, a kor évente 6%-kal, ha a beteg férfi, az 13%-kal, az akut esemény és a

rehabilitáció kezdete között eltelt idő 0%-kal. Ha a hossza bináris változót vezetünk be (az átlagos 20 nap alatti vagy feletti a hossz) akkor a rövid rehabilitáció 27%-kal növeli a kockázatot.

## **Megbeszélés**

Tanulmányunkban a finanszírozási adatok beteg szintre való visszavetítése, majd az egyes betegek idősoros adatainak elemzése alapján igazoltuk, hogy hazánkban az akut kardiovaszkuláris műtéten átesett betegeknek csak egy töredéke jut el az intervenciót követő korai fázisban rehabilitációs kezelésre. Az arány különösen kedvezőtlen az infarktus mentes állapotban revaszkularizációs kezelésre kerülő személyek esetében, leképezve azt a téves klinikusi hozzáállást, miszerint a stabil koszorúér betegek problémáját az invazív kezelés megoldja, infarktus utáni magasabb mortalitási kockázat csökkentése ugyanakkor rehabilitációs kezelést igényel. Szakmai ajánlások alapján ugyanakkor a stabil állapotú betegek esetében is gyógyszerelés optimalizálása, a fizikailag aktív életforma felépítése épp úgy értéket képvisel, mint a miokardiális infarktust követően. A két állapot között a különbség elsősorban a betegek motiváltsági szintjében van. A bal kamrai teljesítmény egy részének elvesztése nagyobb ösztönzést jelent infarktust követően az életmód rendezésre, mint az érbetegség feltárása, esetleg perkután kezelése egy tervezett revaszkularizációs kezelést követően.

A revaszkularizációra kerülő betegek betegútjában akkor fog magas arányban szerepelni a rehabilitációs kezelés, ha a betegútvezetést végző elsődleges ellátók érzékelik a rehabilitációs kezelés értékét a betegellátás során. Jelen tanulmányunk látványos különbséget mutatott ki a rehabilitációra kerülő és a rehabilitációra nem kerülő betegek túlélésében, csaknem kétszeres halálozási kockázattal az utóbbi alcsoportban. Az adatok retrospektív kiértékelése során ugyanakkor nem volt figyelembe vehető a klinikus kollégák döntésének számtalan komponense. Elképzelhető, hogy a szövődményes, igen magas kockázatú betegek épp azért nem jutottak el rehabilitációs intézetbe, mert a beavatkozás után aktív osztályon folytatták ellátásokat. Feltételezhetjük, hogy ezen populációban felülreprezentáltak a halálos kimenetelű esetek, így romolhat a teljes populáció halálozási mutatója. Legalább ilyen fontos szempont, hogy az első éves halálozás közel fele az akut eseményt követően 30 napon belül következik be. Amennyiben a betegek jelentős része 20 nap után kerül rehabilitációra, akkor a rehabilitáció elindulása előtt bekövetkező halálozási adatok ezen betegcsoportnál nem vehetők figyelembe, azaz elhajlóan kedvező halálozási mutatót mérünk a rehabilitációra kerültek körében.

---

Fenti elhajlás elméletileg elkerülhető, amennyiben az egyes földrajzi régiók globális halálozási mutatóját vizsgáljuk annak függvényében, egyes területeken milyen arányú a rehabilitációra küldött személyek aránya. Amennyiben a magas rehabilitációs aránnyal érdemben javítható a halálozás, akkor ezen régiókban a rehabilitációra kerülő és nem kerülő betegek összességének is javulni fog a halálozási mutatója. Jelen munkánkban — mely az összes invazív kezelést egy halmazban tartalmazta — ilyen hatást nem tudtunk kimutatni. További vizsgálatokat igényel, hogy különböző részcsoportok esetében a rehabilitációs arány eltolódása hatással van-e adott alcsoport (pl. infarktus mentes perkután revaszkularizált, vagy infarktusban perkután revaszkularizált) túlélési esélyeire.

### Hivatkozások

- [1.] Piepoli MF, Corrà U, Benzer W, Bjarnason-Wehrens B, Dendale P, Gaita D, et al. Secondary prevention through cardiac rehabilitation: from knowledge to implementation. A position paper from the Cardiac Rehabilitation Section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2010;17:1–17.
- [2.] Humphrey R, Guazzi M, Niebauer J. Cardiac rehabilitation in Europe. *Prog Cardiovasc Dis* n.d.;56:551–6..
- [3.] Kósa I, Nemes A, Belicza E, Király F, Vassányi I. Regional differences in the utilisation of coronary angiography as initial investigation for the evaluation of patients with suspected coronary artery disease. *Int J Cardiol* 2013;168:5012–5.
- [4.] Ágnes Vathy-Fogarassy, István Vassányi, István Kósa. Multi-level process mining methodology for exploring disease-specific care processes. *Journal of Biomedical Informatics*, Volume 125, January 2022, 103979
- [5.] Kósa István, Király Ferenc, Vassányi István, Simon Attila, Gödölle Zoltán, Merth Gabriella, Kohut László. Rehabilitációra érdemes és ténylegesen rehabilitációra kerülő betegellátási utak elemzése. In Bari Ferenc, Almási László (szerk.) *Orvosi informatika 2014. A XXVII. Neumann Kollokvium kiadványa*, Szeged, 2014. november 21-22.

## Effects of spectrally tuneable dynamic lighting on work performance

Róbert Nagy<sup>1</sup>, Ádám Brand<sup>2</sup>, Veronika Szűcs<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>University of Pannonia,

8200 Veszprém Egyetem street 10.

<sup>(1)</sup>[nagy.robort@mik.uni-pannon.hu](mailto:nagy.robort@mik.uni-pannon.hu) , <sup>(2)</sup>[brand.adam@mik.uni-pannon.hu](mailto:brand.adam@mik.uni-pannon.hu),

<sup>(3)</sup>[szucs.veronika@mik.uni-pannon.hu](mailto:szucs.veronika@mik.uni-pannon.hu)

**Summary:** Today, the conditions of working in enclosed workplaces devoid of natural light sources, necessitate a variety of research from the perspectives of ergonomics, visual ergonomics, energy consumption, work efficiency, and occupational health and safety. Prior research conducted by colleagues from the Light and Color Science Research Laboratory investigated the effects of indoor lighting in a space without natural lighting using a tuneable-spectrum artificial LED light source that closely mimics natural lighting. The effects of dynamic lighting on worker concentration level, well-being, productivity and aftereffects were investigated.

### Introduction

In the presence of light, the human biological clock is synchronized with the periodicity of day and night. The circadian system determines the timing of the sleep cycle through its biological mechanisms. Disrupting this timing can have several potential negative health effects. Sleep disorders and insomnia have been reported in the short term [1], and it can even lead to depression and cancer in the long term [1]. Night shift work is common in the industry, and the workers who are devoid of natural lighting are exposed to these health risks. The health risk of workers can be reduced by introducing human centric lighting (HCL) in industrial workplaces. The light-dark periods of the day are sensed by the intrinsically photosensitive ganglion cells (ipRGC) in the retina which contain melanopsin photopigment [1]. The neural signal of these cells transfers directly to the suprachiasmatic nucleus (SCN) in the hypothalamus. Through the pineal gland, the SCN controls the level of melatonin hormone in the blood. Since the absorption maximum of melanopsin - and thus the sensitivity maximum of ipRGCs - is between 447 nm and 484 nm [1] specific effects in the circadian system can be achieved with spectrally tuneable lamps containing this wavelength range.

## **Quantifying the circadian response: $CL$ , $CL_A$ , CIE S026:2018**

To be able to evaluate and analyse the effect of light on the circadian system a standard measure is required. Circadian light ( $CL$ ) [2] and the new metrics of CIE S026:2018 [3] can be used for this purpose. The most common artificial light sources have a temporally constant spectral emission therefore their effect on the circadian system is also constant. The amount of light reaching the Earth's surface - and the observer's retina - is constantly changing due to cloud cover, atmospheric conditions and the daylight cycle. Due to this dynamism, the effect on the circadian system is different under different conditions [4]. The  $CL$  metric aims to model the response of the whole circadian system (melatonin suppression) to a retinal illumination of given intensity and spectral distribution with a single number. The resulting number ( $CL$ ) is a spectrally weighted variant of irradiation, measured in  $W/m^2$ . It has a special variant denoted as  $CL_A$  which proportions the circadian response to the test source to the circadian response to a retinal illuminance of 1000 lx generated by a CIE standard "illuminant A" light source. During the initial evaluation of the results this metric had been used and was later compared with the results using the new CIE S026 metrics. The CIE S026:2018 standard introduced a group of new metrics to describe  $\alpha$ -opic responses. These metrics describe the responses of the five different photoreceptors in context of ipRGC-influenced responses to light.

## **Custom HCL luminaires and on-site experiments**

This paper includes results from our previous publication [6] on the topic. Prior to the case study, a unique, human centric lighting solution was developed for industrial use. The result of this development is a spectrally tuneable luminaire and an intelligent control unit that can provide a continuous transition between specific spectral distributions - "lighting cornerstones" over a long period of time. This method ensures that users do not notice the continuous minimal changes in lighting. The peak wavelength of the blue LEDs was chosen to fall within the maximum sensitivity range of ipRGCs. To achieve a dynamically mixed white light, the other channels of the tuneable luminaires are made up of pc-WLEDs (phosphor converted white LED), green and red LEDs. A series of these luminaires were installed in a real work environment as local lighting at a workstation on an assembly line. The spectral output of the luminaires had to be adjusted on site to perfectly match the local lighting environment. The average photometric values measured at the workstations can be seen in Table 1 [6]. Two of the "cornerstones" optimized for  $CL_A$  were chosen as maximum ("stimulating")

---

and minimum ("relaxing"), while the "neutral" setting was an intermediate point. The  $CL_A$  and  $\alpha$ -opic irradiance values of each "cornerstone" can be seen in Table 2 [6]. The employees on the manufacturing site involved in the experiment work both in a morning and the afternoon shift. During the morning shift the light setting changes from the "stimulating" setting to the "neutral" setting and during the afternoon shift it changes from the "stimulating" to the "relaxing" setting. The time and duration of the transitions had been chosen in a way to be able to provide enough stimulation for the circadian system to make it possible to do work with high performance as well as to simulate the natural change of the circadian effect of daylight to avoid the negative health impacts of the absence of natural light. During the experiments, eight participants filled out a daily questionnaire about their subjective preference for lighting in the morning and afternoon shifts, and the heart rate of four participants was measured with a smart watch with a resolution of 1 second.

Name	$E_v$ [lx]	$CCT$ [K]	$d_{uv}$	$R_f$	$R_g$
Stimulating	1300	6500	0.003	85	99
Neutral	1000	4200	-0,002	85	101
Relaxing	750	3000	0,008	95	99
LED tube	600	4214	0	90	98

Table 1. – Photometric parameters of the light settings and the LED tube lighting used in the experiment, measured on the workplane [6].

Name	$CL_A$	cone-opic [mW/m <sup>2</sup> ]			Rhodopic [mW/m <sup>2</sup> ]	Melanopic [mW/m <sup>2</sup> ]
		S	M	L		
Stimulating	1210	503	954	1062	1001	933
Neutral	520	254	665	821	606	531
Relaxing	327	72	445	615	310	231
LED tube	317	129	327	408	271	230

Table 2. –  $CL_A$  and  $\alpha$ -opic irradiances of the light settings and the LED tube lighting system, measured at eye level [6].

Experimental data had been collected for two weeks using the human centric luminaires as local lighting, and for two weeks using a fixed spectrum LED tube local lighting.

### Heart rate monitoring and statistical evaluation

The heart rate is influenced by the circadian system [5] and can be easily recorded over a long period of time with cheap instruments, because of this it had been chosen as the basis for objective evaluation. During the evaluation of the measurement results, the approximately 2-hour delay in the response

of the cardiovascular system to light stimuli was taken into account, leaving a two-and-a-half-hour window as an adaptation time between the transition of the light settings. Measurement data of one day of three users had to be excluded from the analysis because of their excessive caffeine consumption on these specific days. During the analysis the average heartrate measured under the active lighting cornerstones (and in the same intervals in case of the LED tube lighting) had been compared to the  $CL_A$  and  $\alpha$ -opic irradiances of the same light settings. Since these variables are considered in statistics “high measurement level” variables, Pearson correlation had been used. All these tests resulted in a significant, moderately positive correlation. These results can be interpreted as for the LED tubes the circadian effect was constant and the heart rate nearly constant, but for the HCL prototypes the heart rate increased in the stimulating and decreased in the relaxing settings. The moderate strength of the correlation is explained by the fact that heart rate is influenced by many other factors besides the circadian effect, such as movement around the workstation.

	$CL_A$	cone-opic irradiance			Rhodopic irradiance	Melanopic irradiance
		S	M	L		
Pearson correlation	0.437	0.504	0.533	0.534	0.525	0.520
Significance level	0.010	0.002	0.001	0.001	0.001	0.002

Table 3. – Correlations between heartrate and the metrics used to describe non-visual responses to light [6].

The correlation coefficients for all  $\alpha$ -opic irradiances are higher than for  $CL_A$  which can be seen in Table 3 [6]. The fact that  $CL$  – and  $CL_A$  aims to model melatonin suppression alone explains this: it does not include other biological responses which might also influence heartrate, while the other metrics describe direct responses of retinal photoreceptors.

## Questionnaires

Questionnaires were used for the subjective evaluation of the employees' opinions about lighting. These had to be filled in at the beginning and end of the shift, as well as during breaks. For the morning and afternoon shifts, we used two different questionnaires with slightly different questions. The questions were organized into blocks, which had to be completed during breaks and before or after work. If there was stimulant consumption during the shift like coffee or energy drink the workers had to record it also. The



question had to be marked on a four-level scale. The encoded answers to the questions (encoded to integer numbers according to the four-level scale) became the variables of the statistical evaluation. Because these variables are considered “low measurement level variables” in statistics, Spearman correlation was used to search for correlations between different variables. Several significant correlations were found during the analysis. In terms of preference, correlations with perceived ability to concentrate, end-of-shift fatigue, glare, and the presence of distracting shadows were relevant. The participants preferred higher concentration levels, and they felt less tired at the end of the shift. Weak, but significant correlations had been found directly between the preference, glaring and the presence of disturbing shadows. All other variables had a significant correlation with the users’ perceived ability to concentrate. From the results it could be deduced that the participants could concentrate better if their sleep during the previous night was better, under stimulating lighting and when glare and the presence of shadows on the work area was minimal. It can also be noted that there was a significant, moderate negative correlation between sleep quality and the perceived relaxing effect of light: participants perceived all lighting conditions less stimulating if their sleep quality was worse during the previous night. Though there was no direct connection between preference and lighting system, the results suggest that the participants preferred the more stimulating light settings. Both their perceived ability to concentrate and tiredness at the end of the shift was in correlation with the light’s perceived relaxing effect, and both parameters were in connection with preference. A similar study [7] had similar results in an office environment supporting our findings.

## **Conclusion**

The method to investigate the effects of HCL on industrial workers was through heartrate monitoring and questionnaires. Both experimental methods were repeated in two phases, each for two weeks: custom HCL and common LED tube luminaires were used as local lighting. The results had been analysed using statistical methods. The recorded heartrate had been compared to different metrics describing the ipRGC influenced responses to light:  $CL_A$ , and  $\alpha$ -opic irradiances. In each case the results were significant, moderate positive correlations. In the statistical analysis of the questionnaire answers the most notable was the correlation between the perceived relaxing effect of the light and the ability to concentrate (coefficient: -0.602) and between the ability to concentrate and the preference of lighting (coefficient: 0.374). Although a direct relationship between lighting system and preference could

not be demonstrated, this suggests that participants preferred light settings where the lighting was more stimulating. It can be concluded from both the heart rate measurement and the answers to the questionnaires that the prototype lamps had a significant effect on the participants. Further study and different measurement methods required to measure a more direct objective metric not based on heart rate like hormone level measurements in a non-invasive way.

### **Acknowledgement**

The Authors would like to thank to their former colleagues at Light and Color Sciences Research Laboratory for providing the results.

### **References**

- [1.] Robert J.Lucas, et al., “Measuring and using light in the melanopsin age” Trends in Neurosciences, Volume 37, Issue 1, 2014, Pages 1-9.
- [2.] M. S Rea, M. G Figueiro, A. Bierman, J. D Bullough “Circadian light” Journal of Circadian Rhythms, 8, p.Art. 2.
- [3.] CIE, “CIE S026:2018. CIE System for Metrology of Optical Radiation for ipRGC-Influenced Responses to Light”
- [4.] L. Bellia, A. Pedace, G. Barbato, “Winter and summer analysis of daylight characteristics in offices” Building and Environment, 81, 150-161.
- [5.] M. Rüger, F.A.J.L. Scheer, “Effects of circadian disruption on cardiometabolic system” Reviews in endocrine & metabolic disorders, 10(4), 245-260.
- [6.] D. N. Tóth; F. Szabó, “Investigation of human centric lighting in industrial environment in multiple aspects - biological effect and users' preference” (CIE) (2019) 1,920 p. pp. 490-495., 6 p.
- [7.] Rongpeng Zhang, et al., “Impacts of Dynamic LED Lighting on the Well-Being and Experience of Office Occupants” Int J Environ Res Public Health. 2020 Oct 2;17(19):7217.

## **Szívultrahang-leletek és az ICD-11 MMS fogalmi terének elemzése és összekapcsolása tudásmérnöki eszközökkel – gyakorlati tapasztalatok és elméleti lehetőségek**

Kukoda Balázs<sup>1</sup>, Balkányi László<sup>2</sup>, Vassányi István<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Pannon Egyetem, Egészségügyi Informatikai Kutató-Fejlesztő Központ,

<sup>1</sup>kukodabalazs@gmail.com,

8200 Veszprém, Egyetem utca 10.

**Összefoglaló:** A cikk tárgya egy, a szívultrahang-vizsgálatok leletezését támogató orvosi szakkifejezés-hierarchia (SRATE - Standardized Report for Adult Transthoracic Echocardiography) és az ICD-11 MMS (International Classification of Diseases 11th Revision ICD-11 for Mortality and Morbidity Statistics) lehetséges összekapcsolása. Azt a kutatási hipotézist vizsgálatuk, hogy ismert szövegbányászati módszerekkel a szabványos szövegelemeket használó klinikai leletből automatikusan előállíthatóak lennének epidemiológiai vagy más célú szakmai adatsorok is.

### **Bevezető**

Az orvosi munka során strukturált és strukturálatlan adatok keletkeznek – utóbbinak fontos példája az orvosi szaknyelven írt lelet. Az adatok többféle módon felhasználhatóak, egy adott páciens kapcsán is például klinikai, statisztikai, de finanszírozási stb. céllal is jönnek létre adatsorok. Valós igény az egészségügyi adatok hatékony informatikai feldolgozhatóságának biztosítása. Ezen feladat két fontos lépése (1) a strukturálatlan adatok egészségügyi kódrendszerekkel történő leképezése, illetve utólagos strukturálása, valamint (2) az erre használt egészségügyi kódrendszerek összekapcsolása. Utóbbi feladat jellemző megvalósítása leképezési táblák (mapping) létrehozása két kódrendszer között, erre példa többek között az ICD-10 és ICD-11 MMS közötti leképezés [1].

Kódrendszerek összekapcsolásának egyik lehetséges előnye, ha az adatokat nem külön-külön dolgozzuk fel különböző felhasználásra, hanem például adott páciensre vonatkozó klinikai adatokból (előre elkészített) leképezési táblák (mapping) segítségével pl. a statisztikai és finanszírozási adatok is automatikusan hozzuk létre.

Ezen munka célja esettanulmány-jelleggel megvizsgálni azt, hogy sztenderd szövegbányászati módszerek, valamint metaszinonimasztár

(egészségügyi kódrendszerek összekapcsolására szolgáló informatikai rendszer, UMLS - Unified Medical Language System [2]), illetve ezek valamilyen kombinációjának segítségével mennyiben megvalósítható/támogatható egy klinikai célú kódrendszer és egy statisztikai célú kódrendszer automatikus/félautomatikus összekapcsolása.

Klinikai célú kódrendszernek a SRATE terminológiát választottuk, mely egy, az echokardiográfia diagnosztikai eljárás támogatására szolgáló hierarchikus terminológia-rendszer az Amerikai Szívultrahang Társaság gondozásában (1. ábra). Megjegyezzük, hogy a magyar Kardiológiai Szakmai Kollégium is ennek a terminológiának a magyar nyelvű változatát ajánlja [3].

```
VIII. PULMONIC VALVE
  A. Structure
    1. Normal
    2. Abnormal
      a. Thickened
        1) With good excursion
        2) With mildly decreased excursion
        3) With moderately decreased excursion
        4) With severely decreased excursion
      b. Doming
      c. Dilated annulus
      d. Other (Specify)
  B. Function: Pulmonic Regurgitation
    1. Absent
    2. Present
      a. Mild
      b. Mild-to-moderate
      c. Moderate
      d. Moderate-to-severe
      e. Severe
  C. Function: Pulmonic Stenosis
    1. Location
      a. Valvular
      b. Infundibular
      c. Valvular and infundibular
      d. Supra-avalvular
      e. Branch
```

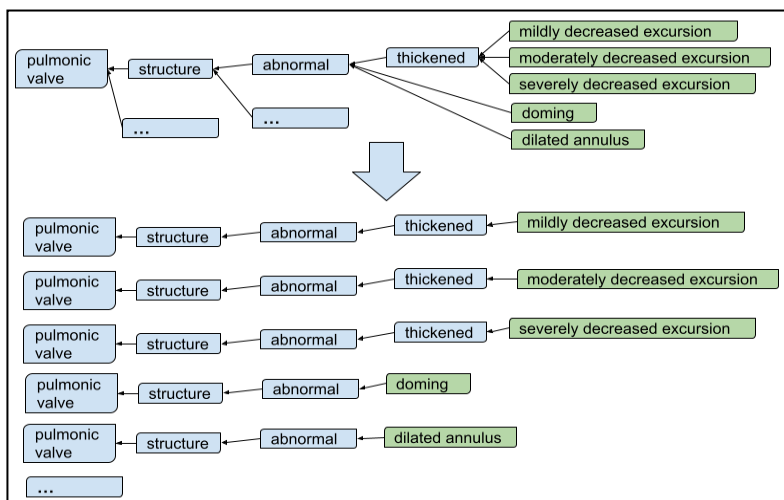
1. ábra: SRATE terminológia részlet

Statisztikai célú kódrendszernek pedig az ICD-11 MMS-t választottuk, mely az Egészségügyi Világszervezet által létrehozott, és karbantartott orvosi kódrendszer 2022 január 1 óta érvényes verziója [4], és halálozási, valamint megbetegedési adatok nemzetközi összehasonlítását teszi lehetővé.

## Módszer

1. Egy szűkebb részterületet (a pulmonális billentyű megbetegedéseit) kiválasztottunk részletes vizsgálatra. Így a két kiválasztott hierarchiának csak a vonatkozó részeit vizsgáljuk.
2. Ezután a két hierarchia vonatkozó részeit összehasonlításra alkalmas állapotba hoztuk (SRATE és MMS entitások ki/átalakítása).
3. Kiválasztásra/kidolgozásra kerültek módszerek a leképezési táblák automatikus/félautomatikus elkészítésére, melyek sztenderd szövegébányászati módszereket, valamint metaszinonimaszótárt (UMLS), illetve ezek kombinációit használják.
4. Létrehoztuk a leképezési táblákat: (SRATE entitás, MMS entitás) rendezett párok halmaza.
5. A leképezési táblák jóságát orvosszakértő által manuálisan elkészített leképezéssel való összevetéssel állapítottuk meg. Megjegyezzük, hogy manuális módszer a teljes ICD-11 kódrendszerre, a több tízezer kód esetén rendkívül munkaigényes lenne – ezért is foglalkozunk az automatikus – félautomatikus leképezéssel.

## Adatok előkészítése

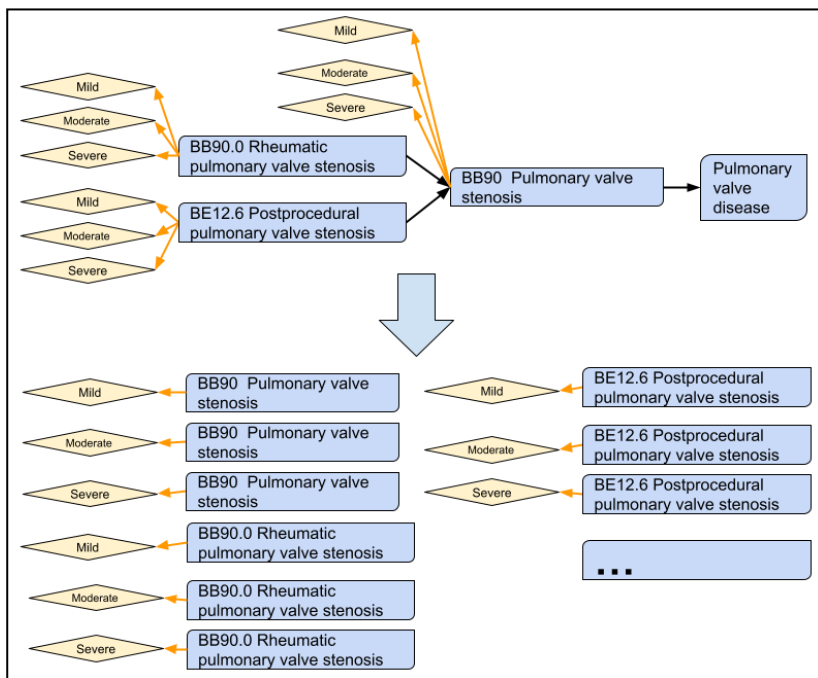


2. ábra: SRATE entitások kialakítása

Egy-egy szóláncc (SRATE entitás) alapját a gyökérelemtől (*pulmonic valve*) a levélcsúsig terjedő csomópontok (2. ábra) tokenjei képezik, melyeket

hivatkozási célból kódokkal láttunk el: Megtörtént a SRATE entitások stopszószerűsége (nem orvosi kifejezések eltávolítása), valamint törlésre kerültek a nem kóros állapotokat reprezentáló SRATE entitások, mivel az ICD-11 MMS betegségek kódolására szolgál. Példa SRATE entitásra: ('hbc': 'stenosis moderate pulmonic valve'). 24 darab SRATE entitás jött ilyen módon létre.

Az MMS entitások esetén a rövid és hosszú meghatározások (*definition*, *longDefinition* – az MMS entitások tulajdonságai) szövszak modell esetén használhatóak. A címek és a szinonimák (*title*, *inclusion*, *fullySpecifiedName*, *indexTerm*, *synonym*) pedig karakterlánc hasonlóság számítások alapját képezhetik (pl.: Levenshtein-távolság).



3. ábra: MMS entitások kialakítása. A kóddal ellátott kategóriák kerülnek kiválasztásra a posztkoordinációs tengely alapján elérhető (narancs színű nyíl) súlyosság tulajdonsággal kombinálva.

57 darab MMS entitás került kialakításra. Példa: ('BB90.Z&XS0T': ['Pulmonary valve stenosis Moderate', 'pulmonary valve stricture Moderate',

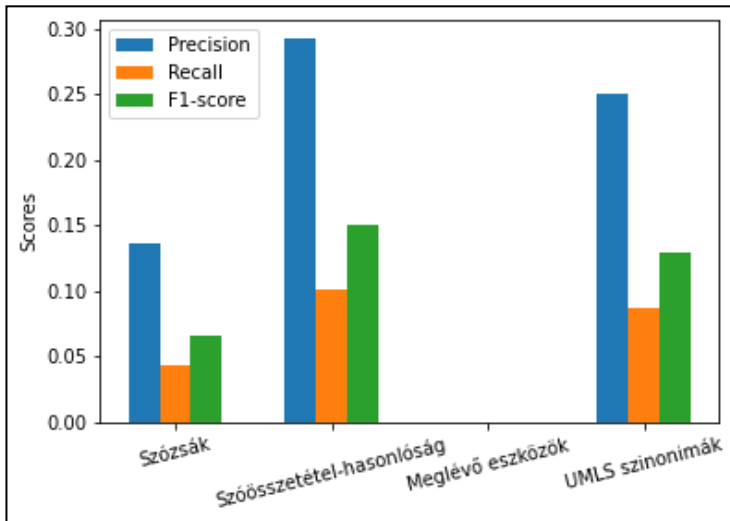
'pulmonic valve stenosis Moderate']). Látható, hogy MMS entitások esetén karakterláncok listája került kialakításra.

### ***Leképezési táblákat előállító módszerek***

1. Szózsák modell (TF-IDF (term frequency - inverse document frequency) vektorok közötti koszinusz-távolság alapján).
2. A szóösszetétel-hasonlóság módszere a SRATE entitások karakterláncja és az MMS entitások karakterlánclistája közötti normalizált Levenshtein-távolságok minimumát számítja.
3. A „meglévő eszközök” módszere az UMLS API keresőszolgáltatásával (sem a SRATE sem pedig az ICD-11 MMS nem része jelenleg az UMLS-nek) a SRATE entitások karakterláncjaihoz keres 'disease', 'syndrome', 'abnormality', 'pathologic' szemantikus típusú UMLS fogalmakat, melyektől már meglévő hivatalos leképezési táblák alkalmazásával jut el az (ICD-11) MMS entitásokig: SNOMED CT (szisztematikusan rendszerezett, számítógéppel feldolgozható orvosi szakkifejezések gyűjteménye) -> ICD-10, ICD-10 -> ICD-11 MMS.
4. Az „UMLS szinonimák” módszere a szóösszetétel-hasonlóság módszere segítségével SRATE entitások -> UMLS fogalmak (és szinonimáik) -> MMS entitások leképezést hoz létre. Ez a módszer a többivel ellentétben nem automatikus, mivel a releváns UMLS fogalmak részint manuálisan kerültek kiválasztásra.

### **Eredmények**

Egy-egy elkészült leképezési tábla (SRATE entitás, MMS entitás) rendezett párok halmaza. Mivel SRATE entitásból 24 darab, míg MMS entitásból 57 darab került kialakításra, emiatt  $1368(=24*57)$  darab lehetséges rendezett pár van. Az elkészült leképezési táblák jóságát orvosszakértő által manuálisan elkészített leképezéssel való összevetéssel állapítottuk meg. A szakértő 69 darab érvényes (SRATE entitás, MMS entitás) párt határozott meg, vagyis nem „egy az egyhez” kapcsolatot hozott létre (24 darab SRATE entitáshoz kellett párt keresnie), hanem „több a több” kapcsolatot, mivel van olyan MMS entitás, ami több SRATE entitáshoz is hozzá lett rendelve.



4. ábra: Eredmények összefoglalása

A „*meglévő eszközök*” módszert leszámítva mindegyik módszer egy SRATE entitáshoz egy MMS entitást rendelt (24 pár), mivel csak a leghasonlóbb párosítást veszik figyelembe.

## Diszkusszió

Az automatikusan feltalált leképezések alacsony rátáinak lehetséges, egymástól független különböző okai: (1) A referenciaként szolgáló manuális leképezés esetén több-több kapcsolat volt a SRATE és ICD-11 MMS szóláncok között. (2) Sem a SRATE, sem pedig a ICD-11 MMS nem része jelenleg az UMLS-nek. (3) Az MMS csak betegségeket, és azok tulajdonságait tartalmazza, a SRATE pedig betegségeket, anatómia képletek és azok funkcióinak kvalitatív és kvantitatív leírását. (4) ICD-11 MMS linearizáció posztkoordinációs képessége [5].

A munka során mélyebben feltárult a két terminológia rendszer (SRATE és ICD-11) szemantikai modellje. Ezzel átláthatóvá vált az, hogy a pulmonális billentyű megbetegedéseinek különböző aspektusait emelik ki. Az eredményekből kiderült, hogy a használt szövegbányászati módszerek hasonló tematikájú, viszont eltérő szemantikájú, ontológiailag eltérő elemekből épített orvosi strukturált szövegtestek (pl. kódrendszerek) összehasonlítása során nem szerepeltek jól (szemben pl. például szaccikk gyűjtemény, orvosi tankönyv, mint szövegtestek vizsgálata során). Ennek



oka valószínűleg az, hogy a két vizsgált orvosi hierarchia szemantikai modellje eltért, mivel eltérő használatra készítették őket.

Ugyanakkor az ICD-11 esetében lehetségesnek látszik, hogy felhasználva az Alap (Foundation) szemantikai modelljének (háló) lehetőségeit egy az összehasonlítani kívánt másik terminológiai rendszer (SRATE) szemantikai modelljét közelítő linearizáció készüljön, vagyis – az arra vállalkozók számára, feltételezésünk szerint – lehetséges a SRATE szemantikai logikáját követő, a leletezést támogató ICD-11 linearizáció készítése. Amennyiben egy jövőbeni leletezési célból létrehozott ICD-11 linearizáció és az MMS linearizáció közötti leképezés is elkészülne, akkor megnyílna a lehetőség a diagnosztikai adatok és az epidemiológiai adatok automatizált összekapcsolására.

### Hivatkozások

- [1.] S. Campbell and K. Giadresco, “Computer-assisted clinical coding: A narrative review of the literature on its benefits, limitations, implementation and impact on clinical coding professionals,” *Heal. Inf. Manag. J.*, vol. 49, no. 1, pp. 5–18, Jan. 2020, doi: 10.1177/1833358319851305.
- [2.] O. Bodenreider, “The Unified Medical Language System (UMLS): integrating biomedical terminology,” *Nucleic Acids Res.*, vol. 32, no. 90001, pp. 267D – 270, Jan. 2004, doi: 10.1093/nar/gkh061.
- [3.] J. M. Gardin *et al.*, “Recommendations for a standardized report for adult transthoracic echocardiography: a report from the American Society of Echocardiography’s Nomenclature and Standards Committee and Task Force for a Standardized Echocardiography Report,” *J. Am. Soc. Echocardiogr.*, vol. 15, no. 3, pp. 275–90, Mar. 2002, doi: 10.1067/mje.2002.121536.
- [4.] L. Balkányi, “Jön, jön, jön ... a Betegségek Nemzetközi Osztályozása, 11. verzió,” *IME – INTERDISZCIPLINÁRIS Magy. EGÉSZSÉGÜGY*, vol. XVIII, no. 5, pp. 11–14, 2019.
- [5.] S. E. Drösler, S. Weber, and C. G. Chute, “ICD-11 extension codes support detailed clinical abstraction and comprehensive classification,” *BMC Med. Inform. Decis. Mak.*, vol. 21, no. S6, p. 278, Nov. 2021, doi: 10.1186/s12911-021-01635-2.

## **Aesthetic experiences registered by high density EEG: a functional connectivity study**

Iffah Syafiqah binti Suhaili, Zoltan Juhasz, Zeyu Wang, Mohamed F Issa,  
Csaba Borbely, Zoltan Nagy  
Laboratory of Bioelectric Brain Imaging  
Department of Electrical Engineering and Information Science  
University of Pannonia, Veszprem, Hungary

***Abstract:*** Neuroaesthetics, the neuroscience of perception of fine art has become of an increasingly researched area in human sciences, neurobiology and computer science. How the human brain reacts to, processes and appreciates art is still largely unknown. In a high-density EEG experiment, we showed abstract and figurative paintings to participants. From the EEG recordings, we calculated resting state, and abstract and figurative painting viewing task-based connectivity networks. By studying the synchronized oscillations in different EEG frequency band networks, we hope to show how the processing of abstract and figurative paintings differ. In this paper we present early results of our ongoing research.

### **Introduction**

Neuroaesthetic is an interdisciplinary field of psychology, neuroscience, philosophy and computer science. The term ‘Neuroaesthetics’ was coined by the neurobiologist Semir Zeki [1] establishing the link between aesthetic experiences and the biological functions in the brain. Following Zeki, Ramachandran and Hirstein [2] proposed a theory of cognitive processing during the aesthetic experience on basis of early visual processing and reinforcing mechanisms. Chatterjee [3] proposed the first framework for Neuroaesthetics describing visual aesthetic experience as an interplay of several components, including early and intermediate vision, attention, representation, decision and emotional response. Chatterjee and Vartanian [4] later improved this framework by identifying three neural systems believed to play key roles in the processing of aesthetic experience: 1) sensory-motor system, 2) emotion-valuation system, 3) knowledge-meaning system.

Experimental studies in Neuroaesthetics were conducted primarily using neuroimaging devices such as fMRI, MEG, or EEG. These experiments discovered brain activation areas during the process of aesthetic experiences, such as prefrontal [5], orbitofrontal [6], motor areas indicating perception of

beautiful or ugly stimuli [7] and of abstract paintings, and playing a role in the brain reward system [8]. The frontomedial cortex is also engaged during visual aesthetics as it is involved in making evaluative judgements that involves a person's value system [9]. According to Li et al. [10], four main cortical systems are engaged in aesthetic processing: *sensory, memory, attention and evaluation*, and the *brain-reward* system.

Whilst these findings provide us with the knowledge of how the brain responds to art, little is known about the connectivity structure among brain regions during the aesthetic experience and art perception. In this paper, we report preliminary results of our ongoing study that aims to uncover the participating brain areas and their interplay utilising functional connectivity analysis.

## **Methods**

### ***Subjects***

EEG data are being collected from 20 young healthy right-handed subjects (target group: 20-26 year university students) with normal or corrected vision, no history of neurological disorders and no formal art education background. At the time of writing, measurement was completed for nine subjects, others are scheduled for the coming weeks. Prior to the experiment, each subject was asked to complete an Art Expertise Assessment [11], a Handedness Assessment [12], and a Positive and Negative Affect Schedule (PANAS) questionnaire [13]. Written informed consent was obtained from the subjects before the experiment was conducted.

### ***Description of the experiment***

This study is performed in the Bioelectric Brain Imaging Laboratory of the Faculty of Information Technology at the University of Pannonia. In the experiment, 80 paintings previously unknown to the subjects are presented to the subjects categorised into two groups: 40 abstract and 40 figurative paintings. Prior to the aesthetic experiment, two five-minute resting state measurements are performed with open and closed eyes, respectively.

The experimental system presents the 80 paintings to the subjects in random order. Subjects are sitting in front of a computer display at comfortable viewing distance. Each painting is displayed for 8 seconds, preceded by cue mark for 1 second. Each painting is removed from the display at the end of the view period and a blank, black screen is displayed for 4 seconds during with the subject must respond by pressing the 'Like' or 'Dislike' buttons with their right hand. Figure 1 illustrates the timing and

---

structure of the experiment in more detail. The experiments were conducted by custom scripts executed in the Psychtoolbox-3 software package [14].

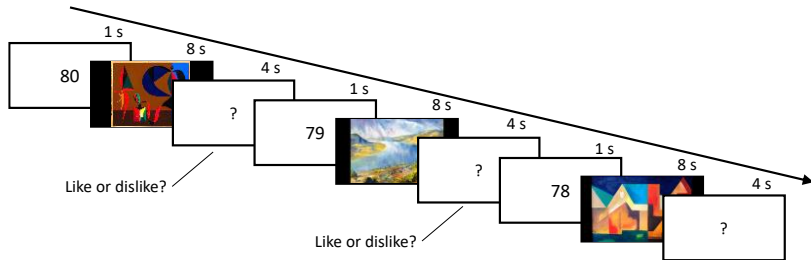


Figure 1. Schematic representation of the EEG-based visual neuroaesthetic experiment procedure.

## EEG recording

EEG data were recorded on the scalp of the subjects with a 128-channel Biosemi ActiveTwo measurement instrument using electrode caps with Biosemi equiradial ‘ABC’ electrode layout. Ag/AgCl active electrodes were used during the measurements with conductive Signa saline gel to ensure good electrical contact between the electrodes and the skin. DC electrode offset values were kept stable below the 40  $\mu$ V recommended amplitude level.

The measurement was performed using the Biosemi ActiView software with  $f_s = 2048$  Hz sampling frequency. Visual stimulus and response keypress events were transformed into Biosemi EEG trigger signals using a special-purpose trigger unit [15]. The unit includes a display-mounted light sensor for stimulus and user controlled micro-switches for response detection, and transforms the generated trigger impulses to TTL-level input for subsequent sampling by the Biosemi USB Receiver unit. The digitised EEG and trigger data are stored as raw, reference-free 24 bit/sample EEG data in Biosemi BDF data files.

## EEG data processing

The EEG measurement data was processed in the EEGLAB Toolbox [16]. The datasets were first pre-processed to remove unwanted noise and artifacts, and then segmented into epochs (trials). Data was first low-pass filtered with 40 Hz cut-off frequency before being high-pass filtered to remove DC offset and slow trends from the signals with a zero-phase FIR filter with 1 Hz cut-off frequency. Data was also down sampled to 512 Hz from 2048 Hz. Bad channels were interpolated in EEGLAB using spherical spline interpolation.

The next stage of pre-processing was artefact removal. Independent Component Analysis [17] was used to separate eye, muscle and channel noise artefacts from neural signals. The resulting independent components were labelled as potential artefacts using the ICLabel EEGLAB plugin [18]. Eye blinks, muscle and channel noise artefacts above 80% confidence level threshold were removed from the component set to reconstruct the artefact-free signals.

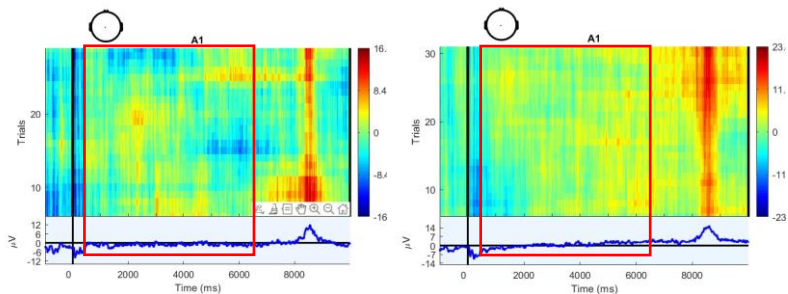
The cleaned signals were segmented into epochs, by extracting stimulus-locked data segment including 1 s pre-stimulus and 10 s post-stimulus intervals. Subsequently, the epochs were then grouped by their experiment condition into 40 abstract and 40 figurative painting epochs.

### ***Data Analysis***

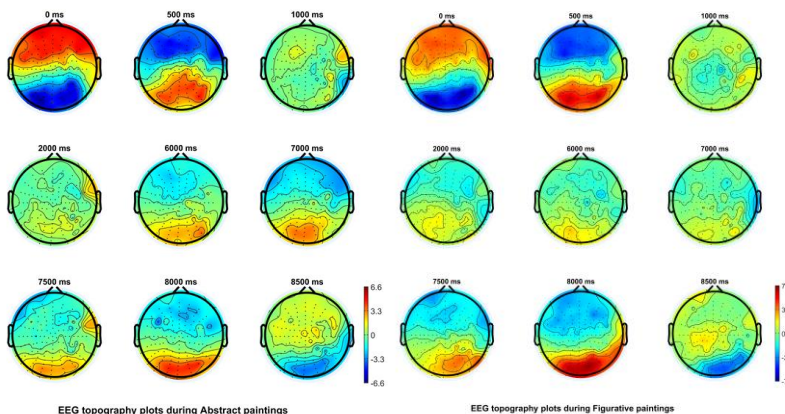
After performing baseline correction (-1 to 0 s interval) on the epochs, averaged Event-Related Potential (ERP) images were generated for both conditions. By examining the channel ERP images (Figure 2), we confirmed that the activity of the brain is nearly uniform in the 1 to 7 second time interval and is likely to be the interval during which the aesthetic experience takes place. This is thus the interval for which to calculate the functional connectivity graph. The time-dependent topoplots (scalp potential distribution maps) shown in Figure 3. show similar uniformity in this time interval.

Functional connectivity was calculated using custom Fieldtrip [19] scripts based on the debiased weighted phase locking index (dwPLI) [19], [20] in the delta, theta, alpha and beta frequency bands. The measure dwPLI was chosen as it is less sensitive to volume conduction than others, greatly reducing the presence of spurious connectivity links. From the weighted connectivity graphs, only the strongest 3% of the edges were displayed in the connectivity network figures to help visual interpretation and comparison.

Once data is collected for the entire subject group, non-parametric statistical tests will be performed to test for significant differences between conditions in the ERP waveforms, scalp topographies, time-frequency maps and individual band connectivity graphs.



**Abstract** **Figurative**  
 Figure 2. Scalp ERP waveform obtained from electrode A1. Brief transients appear only after the start and end of the stimulus presentation, from 1 to 7 seconds, the activation is uniform.



**Abstract** **Figurative**  
 Figure 3. ERP topoplot images at selected time points obtained from abstract and figurative painting epochs.

## Results

Since data collection is still in progress, we cannot present group-level, statistical analysis. Instead, we include preliminary functional connectivity results of one selected subject.

Figure 4 presents the functional connectivity networks of one subject. The top row contains the open-eye resting state connectivity graphs in the delta, theta, alpha and beta frequency bands. The middle row shows connectivity graphs of the same frequency bands obtained from Abstract epochs. The

bottom row shows the connectivity networks belonging to the Figurative condition.

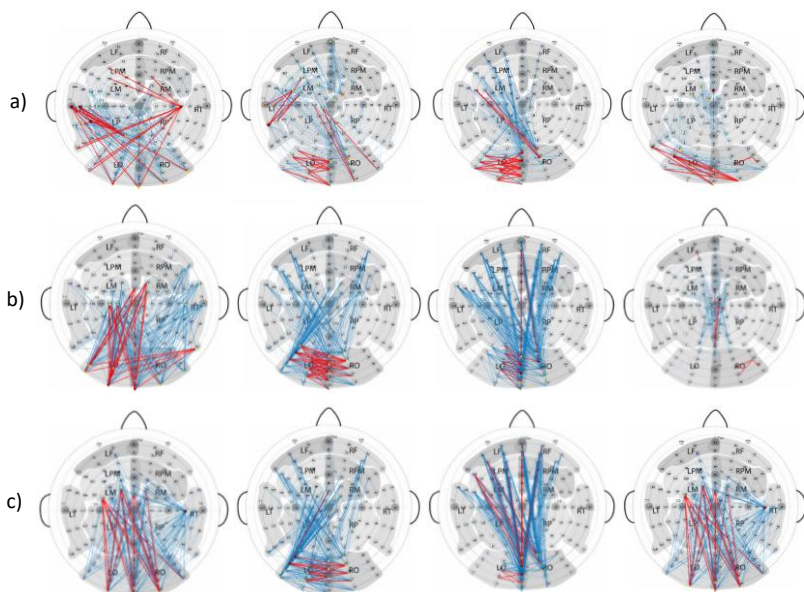


Figure 4. Sensor-space functional connectivity networks in four frequency bands; delta, theta, alpha and beta (from left to right) respectively using the dwPLI method during: a) open eyes resting state, b) abstract paintings viewing (1-7s) and c) figurative paintings viewing (1-7s). Red and blue lines indicate the strength in connection between the brain regions.

These results are suitable only for early explorative purposes and testing the correctness of the data analysis methods. The open-eye resting state networks are very different from both the abstract and figurative painting viewing networks. This is a good sign as in the open-eye resting state measurement, the subject was watching a non-textured white surface and the results demonstrate that when paintings are viewed, there is a much stronger occipital activity in the brain with an increased number of fronto-occipital connections. A recent study done by Li et al. on the aesthetic experience of Chinese calligraphy resulted in similar results [10].

There is a slight difference in abstract and figurative paintings in terms of the weight and density of the connections. At the group level analysis, we expect to see stronger differences, as we expect to see stronger occipital and parietal activity for abstract paintings (more intensive shape processing) and

more visual memory and visual emotion activation in figurative paintings (remembering or recalling familiar faces, places and views).

## Conclusions

In this paper we reported early results of our ongoing research aiming at understanding the connectivity structures during the aesthetic experience. At this stage we focus on the differences between the processes and networks activated in response to abstract and figurative painting stimuli. Sensor-space functional connectivity networks are computed from 128-channel EEG scalp measurements based on phase locking information (dwPLI) in different frequency bands. The data collection process is still in progress, our goal is to measure at least 20 subjects, after which various statistical analyses will be carried out to test for significant differences between conditions and between connectivity graphs.

## Acknowledgements

This research was supported by the Ministry of Innovation and Technology of Hungary from the National Research, Development and Innovation Fund (Project no. 2019-2.1.11-TÉT-2019-00069), financed under the 2019-2.1.11-TÉT funding scheme.

## References

- [1.] S. Zeki, 'Art and the Brain', *J. Conscious. Stud.*, vol. 6, pp. 76–96, Jan. 1999.
  - [2.] V. S. Ramachandran and W. Hirstein, 'The science of art: a neurological theory of aesthetic experience', *J. Conscious. Stud.*, vol. 6, no. 6–7, pp. 15–51, Jun. 1999.
  - [3.] A. Chatterjee, 'Prospects for a Cognitive Neuroscience of Visual Aesthetics', *Bull. Psychol. Arts*, vol. 4, pp. 55–60, Jan. 2003, doi: 10.1037/e514602010-003.
  - [4.] A. Chatterjee and O. Vartanian, 'Neuroaesthetics', *Trends Cogn. Sci.*, vol. 18, no. 7, pp. 370–375, Jul. 2014, doi: 10.1016/j.tics.2014.03.003.
  - [5.] C. J. Cela-Conde *et al.*, 'Activation of the Prefrontal Cortex in the Human Visual Aesthetic Perception', *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, vol. 101, no. 16, pp. 6321–6325, 2004.
  - [6.] S. Kühn and J. Gallinat, 'The neural correlates of subjective pleasantness', *NeuroImage*, vol. 61, no. 1, pp. 289–294, May 2012, doi: 10.1016/j.neuroimage.2012.02.065.
  - [7.] H. Kawabata and S. Zeki, 'Neural Correlates of Beauty', *J. Neurophysiol.*, vol. 91, no. 4, pp. 1699–1705, Apr. 2004, doi: 10.1152/jn.00696.2003.
  - [8.] B. Sbriscia-Fioretti, C. Berchio, D. Freedberg, V. Gallese, and M. A. Umiltà, 'ERP Modulation during Observation of Abstract Paintings by Franz Kline', *PLOS ONE*, vol. 8, no. 10, p. e75241, Oct. 2013, doi: 10.1371/journal.pone.0075241.
  - [9.] R. H. A. H. Jacobs, R. Renken, and F. W. Cornelissen, 'Neural correlates of visual aesthetics—beauty as the coalescence of stimulus and internal state', *PLoS One*, vol. 7, no. 2, p. e31248, 2012, doi: 10.1371/journal.pone.0031248.
  - [10.] R. Li, X. Jia, C. Zhou, and J. Zhang, 'Reconfiguration of the brain during aesthetic experience on Chinese calligraphy—Using brain complex networks', *Vis. Inform.*, vol. 6, no. 1, pp. 35–46, Mar. 2022, doi: 10.1016/j.visinf.2022.02.002.
-



- [11.] R. M. Gonyea, K. A. Kish, G. D. Kuh, R. N. Muthiah, and A. D. Thomas, ‘College Student Experiences Questionnaire: Norms for the Fourth Edition’, College Student Experiences Questionnaire Assessment Program, 2003. Accessed: Nov. 09, 2022. [Online]. Available: <https://eric.ed.gov/?id=ED512547>
- [12.] R. C. Oldfield, ‘The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory’, *Neuropsychologia*, vol. 9, no. 1, pp. 97–113, Mar. 1971, doi: 10.1016/0028-3932(71)90067-4.
- [13.] J. R. Crawford and J. D. Henry, ‘The Positive and Negative Affect Schedule (PANAS): Construct validity, measurement properties and normative data in a large non-clinical sample’, *Br. J. Clin. Psychol.*, vol. 43, no. 3, pp. 245–265, 2004, doi: 10.1348/0144665031752934.
- [14.] M. Kleiner, D. H. Brainard, D. Pelli, A. Ingling, R. Murray, and C. Broussard, ‘What’s new in Psychotoolbox-3’, *Perception*, vol. 36, pp. 1–16, Jan. 2007, doi: 10.1068/v070821.
- [15.] M. F. Issa, F. Csizmadia, Z. Juhasz, and Gy. Kozmann, ‘EEG-assisted reaction time measurement method for bilingual lexical access study experiments’, in *2017 11th International Conference on Measurement*, May 2017, pp. 229–232. doi: 10.23919/MEASUREMENT.2017.7983578.
- [16.] A. Delorme and S. Makeig, ‘EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis’, *J. Neurosci. Methods*, vol. 134, no. 1, pp. 9–21, Mar. 2004, doi: 10.1016/j.jneumeth.2003.10.009.
- [17.] T.-W. Lee, M. Girolami, and T. J. Sejnowski, ‘Independent Component Analysis Using an Extended Infomax Algorithm for Mixed Subgaussian and Supergaussian Sources’, *Neural Comput.*, vol. 11, no. 2, pp. 417–441, Feb. 1999, doi: 10.1162/089976699300016719.
- [18.] L. Pion-Tonachini, K. Kreutz-Delgado, and S. Makeig, ‘ICLabel: An automated electroencephalographic independent component classifier, dataset, and website’, *NeuroImage*, vol. 198, pp. 181–197, Sep. 2019, doi: 10.1016/j.neuroimage.2019.05.026.
- [19.] R. Oostenveld, P. Fries, E. Maris, and J.-M. Schoffelen, ‘FieldTrip: Open source software for advanced analysis of MEG, EEG, and invasive electrophysiological data’, *Comput. Intell. Neurosci.*, vol. 2011, p. 156869, 2011, doi: 10.1155/2011/156869.
- [20.] M. Vinck, R. Oostenveld, M. van Wingerden, F. Battaglia, and C. M. A. Pennartz, ‘An improved index of phase-synchronization for electrophysiological data in the presence of volume-conduction, noise and sample-size bias’, *NeuroImage*, vol. 55, no. 4, pp. 1548–1565, Apr. 2011, doi: 10.1016/j.neuroimage.2011.01.055.

# Analysis of the Effects of Input Parameter Settings on the Quality of Electrophysiological Signal Decomposition in Empirical Mode Decomposition

Zeyu Wang, Zoltan Juhasz

Department of Electrical Engineering and Information Systems  
University of Pannonia, {zeyu.wang, juhasz}@mik.uni-pannon.hu  
8200 Veszprém, Egyetem u. 10.

**Abstract:** Empirical Mode Decomposition is an effective tool to extract stationary components in non-stationary signals and is widely used in electrophysiological signal processing. However, some neglected parameter settings in the algorithm can potentially affect the decomposition result. In this paper, we study the effect of these parameters on the signal decomposition quality and propose recommended parameter space configurations for different EEG analysis scenarios.

## Introduction

Electroencephalography (EEG) is a typical non-stationary, nonlinear, and weak electrophysiological signal, which contains a wealth of physiological and pathological information, therefore it is an important tool to study the brain. The time-frequency features play an important role in EEG analysis. However, due to the non-stationary nature of EEG, it is difficult for traditional methods based on pre-set basis functions (e.g. sinusoid basis function, wavelet basis function) to strike a balance between time resolution and frequency resolution.

The Empirical Mode Decomposition (EMD) method proposed by Huang *et al.* [1] can adaptively decompose the signal into a finite number of intrinsic mode functions [2], which are a group of narrowband signals. Studies have shown that due to the data-driven nature of EMD, more accurate time-frequency features can be extracted and successfully applied in fields such as epilepsy prediction[3], sleep diagnosis[4], cognitive research[5], etc. The original EMD algorithm has developed many variants, such as EEMD proposed to solve the mode mixing problem, CEEMDAN proposed to solve the problem of IMF alignment after noise assistance, and MEMD proposed to decompose multi-channel signals, but they all share a common set of input parameters that control the iterative sifting process and the spline interpolation.

There are currently three widely used EMD implementations (MATLAB's built-in EMD function, the EMDLAB Toolbox and a set of EMD variant implementations proposed by Flandrin *et al* [6]), but they handle the input parameter settings differently. Most of the time they are used as 'black-box', which means that the effect of these parameters on the decomposition results is ignored, especially in the field of electrophysiological signal processing. In this paper, based on these three implementations, we analysed the effect of input parameters on the EEG signal decomposition quality to highlight the non-negligibility of parameter settings and give recommended parameter space settings for different EEG analysis scenarios.

## Methods

### *The EMD algorithm*

The exact process of the EMD computation is depicted in the flowchart of Fig. 1. First, the extreme points of the input signal are detected, then cubic spline interpolation is used to generate the upper and lower envelopes based on the maximum and minimum points, respectively. Next, the mean envelope is calculated from the upper and lower envelopes and subtracted from the original signal, creating a residual signal. This residual is regarded as a potential IMF. A proper IMF should satisfy two conditions; (i) the number of extreme points and the number of zero-crossings must be equal or the difference should not exceed one, (ii) the mean of the mean envelope should be approximately zero. In fact, it is not easy for the residue to satisfy the two conditions simultaneously, so, the criterion for stopping sifting may vary in different implementations. In practice, the most commonly used criterion is the Cauchy criterion, which introduces a standard deviation  $SD$  calculated from two residuals as the criterion for stopping sifting.

$$SD = \sum_{i=0}^T \frac{|R_{(k-1)}(t) - R_k(t)|^2}{(R_{(k-1)}(t))^2}$$

where  $R_{k-1}$  and  $R_k$  are the final residual signal in the sifting iteration  $k - 1$  and  $k$ , respectively. If the residue is an IMF, then it will be compared with the IMF generated by the previous iteration. If they are the same, the process will be stopped, if not, the IMF will be subtracted from the input signal creating a new input signal for the next iteration round. After finishing the decomposition, the original signal can be represented as:

$$X(t) = \sum_{i=1}^N IMF_i(t) + R_N(t)$$

### Parameter space analysis

In the EMD algorithm, the first step is to detect all extreme points in the input signal. The condition for detecting extreme points is simple: if a point in the input signal is greater than its previous point and the next point at the same time, then this point is a maximum point, if the opposite is true, then this point is a minimum point. In this way, processing the first and last points of the signal becomes a tricky problem, because the first point has no previous point, and the last point has no next point, which is also the origin of the EMD end effects problem. There are currently several methods for dealing with endpoints, such as mirror symmetry method[7], slope extension method[8], polynomial extension method[9], wave feature extension method[10], neural network prediction method[11], etc. Therefore, the boundary condition of the extreme point is a potential parameter that may affect the decomposition result.

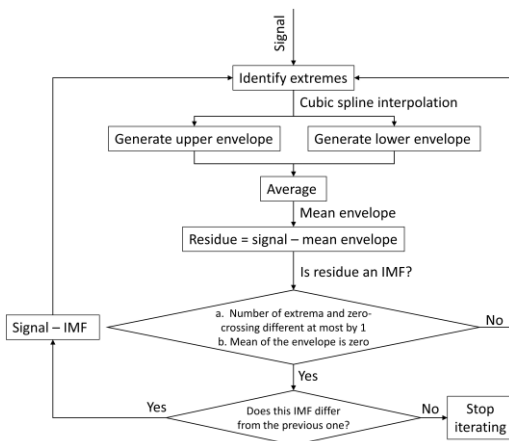


Figure 5. The flowchart of the EMD processing steps.

When we implement cubic spline interpolation based on extreme points to calculate the upper and lower envelopes, we need to calculate the coefficients of the cubic polynomial corresponding to each interpolation interval which is defined as follows:

$$S_i(x) = a_i + b_i x + c_i x^2 + d_i x^3$$

We assume that there are  $n$  interpolation intervals, corresponding to  $n$  cubic splines, each with four unknown coefficients ( $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ ), so we need to solve  $4n$  unknowns, which requires  $4n$  equations. First, all known extreme points

satisfy the spline function. Except for the first and last extreme points, other extreme points satisfy the two spline functions before and after them at the same time, and the first and last extreme points only satisfy the first and last spline functions, respectively. This condition will give us  $2n$  equations. Secondly, except for the first and last extreme points, the first and second order splines should be continuous at other extreme points, this condition will give us another  $2*(n-1)$  equations. Now we have  $4n-2$  equations, and we are two equations away from solving the unknowns. The last two equations are given by the boundary conditions.

There are basically three kinds of boundary conditions: natural spline, which specifies that the second derivatives of the endpoints are zero; clamped spline, which specifies that the first derivatives of the endpoints are constant; and not-a-knot spline, which specifies that the third derivative of the first extrema is equal to the third derivative of the second extrema, and the third derivative of the last extrema is equal to the third derivative of the second to last extrema. Therefore, the boundary condition of cubic spline interpolation is a potential parameter that may affect the decomposition result.

Parameters	Possible settings		
Number of iterations	Any		
Number of IMFs	Any		
Sifting stop criterion	Cauchy criterion	Vector criterion	None
IMF stop criterion	Number of extrema	Energy ration	None
Boundary condition 1	Mirror symmetry	Slope extension	Polynomial extension
Boundary condition 2	Not-a-knot spline	Clamped spline	Natural spline
Interpolation method	SPLINE	PCHIP	MAKIMA

Table 4. Summary of parameters and their settings in EMD

In addition to the above two boundary conditions, the maximum number of iterations in sifting, the maximum number of IMFs, sifting stop condition, decomposition stop condition, and interpolation algorithm are all potential parameters that may affect the decomposition results. We summarize all the parameters that may affect the EMD decomposition results and their possible settings in Tab.1.

### ***Evaluation method***

To evaluate the decomposition performance of different EMD implementations, we generated a 5-second synthetic signal  $X(t)$  containing typical EEG frequency bands ( $\delta, \theta, \alpha, \beta, \gamma$ ), which is defined as follows:

$$\begin{cases} x_{\sigma}(t) = \sin(2\pi * 2.1 * t) \\ x_{\theta}(t) = \sin(2\pi * 5.8 * t) \\ x_{\alpha}(t) = \sin(2\pi * 11.2 * t) \\ x_{\beta}(t) = \sin(2\pi * 18.9 * t) \\ x_{\gamma}(t) = \sin(2\pi * 40.3 * t) \end{cases}$$

$$X(t) = x_{\sigma}(t) + x_{\theta}(t) + x_{\alpha}(t) + x_{\beta}(t) + x_{\gamma}(t)$$

This mixed signal is decomposed by different EMD implementations under different parameter settings, then the similarity between the decomposed IMFs and their corresponding components in the raw signal is calculated to quantify the quality of the decomposition results. The similarity calculation formula of similarity is given as follows:

$$\rho_i(x_i(t), IMF_i(t)) = \frac{cov(x_i(t), IMF_i(t))}{\sqrt{\sigma(x_i(t))}\sqrt{\sigma(IMF_i(t))}}$$

Where  $cov()$  represents covariance,  $\sigma()$  represents variance, and  $\rho_i(x_i(t), IMF_i(t))$  represents the similarity value calculated from an IMF and its corresponding original component in the synthetic input signal. The  $\rho$  value is the quantification of the similarity of two signals, if the  $\rho$  value of the two signals is 1, it means that these two signals are completely equal.

## Results

### *Performance under default parameter setting*

Tab. 2 shows the default parameter settings for the three EMD implementations, all of which take the same approach in terms of interpolation methods and interpolation boundary conditions but different in other parameter settings.

Parameters	EMDLAB's EMD (Implementation 1)	Flandrin's EMD (Implementation 2)	MATLAB's EMD (Implementation 3)
Number of iterations	10	2000	100
Number of IMFs	5	None	10
Sifting stop criterion	None	Vector criterion	Cauchy criterion
IMF stop criterion	None	Number of extrema	Energy ration
Boundary condition 1	Slope extension	Mirror symmetry	Polynomial extension
Boundary condition 2	Not-a-knot spline	Not-a-knot spline	Not-a-knot spline
Interpolation method	SPLINE	SPLINE	SPLINE

Table 5. The Parameter settings of three EMD implementations

Based on these three sets of parameter settings, we decompose the mixed signal and obtain a series of IMFs. The decomposition results are shown in

Fig. 2 (a, b, c). Further, we calculated the similarity between the decomposed IMFs and the components in the synthetic signal (Fig. 3d), it is clear that implementation 3 (the EMD implementation in MATLAB) has the worst performance with default parameter settings, especially in the theta band.

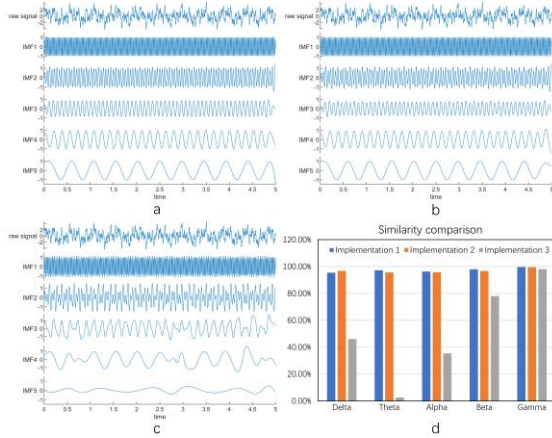


Figure 6. Decomposition results and similarity comparison under default parameter settings.

### Parameter effect analysis

Based on implementation 2, we tested the effect of different boundary condition parameters on the decomposition result. There are three possibilities for each boundary condition as shown in Tab. 1, therefore, there are nine combination cases in total. Under different circumstances, we tested the decomposition performance of various frequency bands and then calculated the average similarity values as shown in Fig. 3.

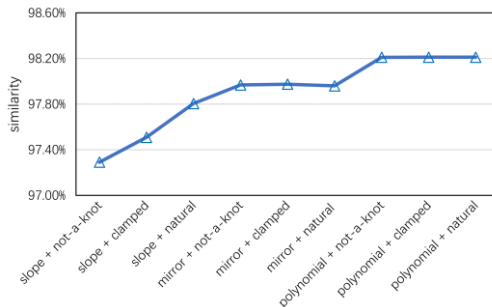


Figure 7 Average similarity under different boundary condition settings

The results show that the implementation with polynomial extension boundary conditions can obtain better and more stable decomposition quality. We further test the effect of the number of iterations in sifting on the decomposition results under different boundary conditions (mirror symmetry, slope extension, polynomial extension).

Fig. 4a shows the variation of the similarity with the increasing number of iterations under the mirror symmetry boundary condition. The trend shows that increasing the number of iterations in the sifting process does not lead to better decomposition quality under mirror symmetry boundary conditions. Interestingly, Fig. 4b shows that under the slope extension condition, increasing the number of iterations leads to better decomposition quality. Under the condition of polynomial extension, as shown in Fig. 4c, the number of iterations has the least impact on the decomposition quality and the similarity of each frequency band is above 90%.

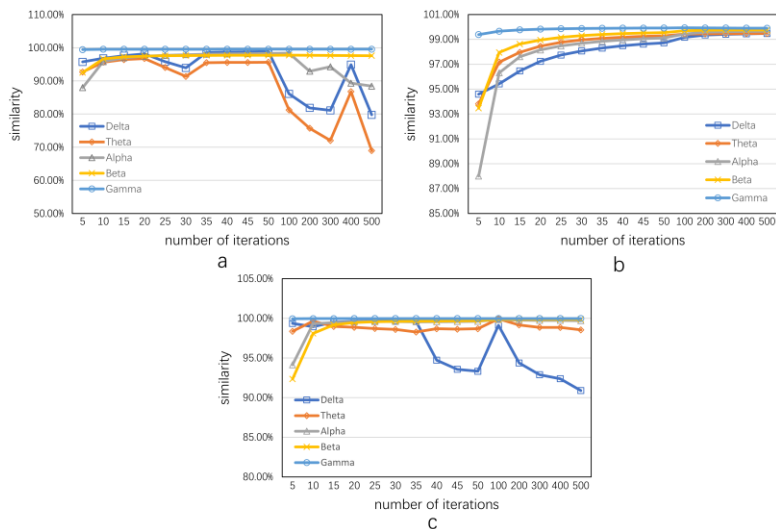


Figure 8. Variation of similarity with iteration number under different boundary conditions.

For the most commonly used Cauchy criterion in sifting stop criterion, we tested the effect of its standard deviation on the decomposition quality as shown in Fig. 5. This criterion is the default setting in the MATLAB implementation and the default standard deviation is 0.2. The results show that under the polynomial extension and not-a-knot boundary condition setting which can produce the best decomposition quality so far, the reduction



of the threshold of Cauchy criterion leads to the improvement of signal decomposition quality in each frequency band.

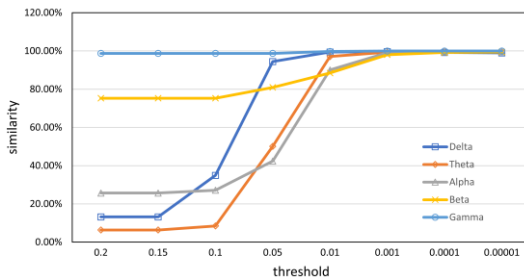


Figure 9. The effect of the standard deviation threshold in the Cauchy criterion on similarity.

## Conclusions

Empirical mode decomposition is an effective tool for time-frequency analysis of non-stationary signals, especially for electrophysiological signal processing. We summarized the parameters and their settings that can potentially affect the decomposition results in the EMD algorithm, then we tested how the number of iterations, boundary conditions, and sifting stop criterion affect the decomposition quality. The synthetic EEG signal decomposition results show that different parameter settings have a non-negligible and interesting impact on the decomposition quality, which suggests that these parameters should be taken into consideration when designing EMD-based time-frequency analysis methods for EEG processing. Next, we will test the effect of all other parameter settings on the decomposition results, in order to give a more reasonable parameter space configuration for different EEG analysis scenarios.

## Acknowledgements

This research was supported by the Ministry of Innovation and Technology of Hungary from the National Research, Development and Innovation Fund (Project no. 2019-2.1.11-TÉT-2019-00069), financed under the 2019-2.1.11-TÉT funding scheme.

## References

- [1.] N. E. Huang et al., "The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis," *RSPSA*, vol. 454, no. 1971, pp. 903–998, 1998, doi: 10.1098/RSPA.1998.0193.

- [2.] G. Wang, X. Y. Chen, F. L. Qiao, Z. Wu, and N. E. Huang, “On intrinsic mode function,” *Adv Adapt Data Anal*, vol. 2, no. 3, pp. 277–293, Jul. 2010, doi: 10.1142/S1793536910000549.
- [3.] T. Dikanev, D. Smirnov, R. Wennberg, J. L. P. Velazquez, and B. Bezruchko, “EEG nonstationarity during intracranially recorded seizures: statistical and dynamical analysis,” *Clinical Neurophysiology*, vol. 116, no. 8, pp. 1796–1807, Aug. 2005, doi: 10.1016/J.CLINPH.2005.04.013.
- [4.] A. Piryatinska, G. Terdik, W. A. Woyczynski, K. A. Loparo, M. S. Scher, and A. Zlotnik, “Automated detection of neonate EEG sleep stages,” *Comput Methods Programs Biomed*, vol. 95, no. 1, pp. 31–46, Jul. 2009, doi: 10.1016/J.CMPB.2009.01.006.
- [5.] K. T. Nguyen et al., “Unraveling nonlinear electrophysiologic processes in the human visual system with full dimension spectral analysis,” *Sci Rep*, vol. 9, no. 1, Dec. 2019, doi: 10.1038/S41598-019-53286-Z.
- [6.] M. E. Torres, M. A. Colominas, G. Schlotthauer, and P. Flandrin, “A complete ensemble empirical mode decomposition with adaptive noise,” *ICASSP, IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing - Proceedings*, pp. 4144–4147, 2011, doi: 10.1109/ICASSP.2011.5947265.
- [7.] J. ZHAO, “MIRROR EXTENDING AND CIRCULAR SPLINE FUNCTION FOR EMPIRICAL MODE DECOMPOSITION METHOD,” *J Zhejiang Univ Sci*, vol. 2, no. 3, 2001, doi: 10.1631/jzus.2001.0247.
- [8.] Z. He, Y. Shen, and Q. Wang, “Boundary extension for Hilbert–Huang transform inspired by gray prediction model,” *Signal Processing*, vol. 92, no. 3, pp. 685–697, Mar. 2012, doi: 10.1016/J.SIGPRO.2011.09.010.
- [9.] L. Huiting, Z. Min, and C. Jiaying, “Dealing with the end issue of EMD based on polynomial fitting algorithm,” *Computer Engineering and Applications*, vol. 40, no. 16, pp. 84–86, 2004.
- [10.] Aijun Hu, Liansuo An, and Guiji Tang, “New process method for end effects of HILBERT-HUANG transform,” *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, vol. 44, no. 4, pp. 154–158, 2008.
- [11.] W.-P. Hu, J.-L. Mo, Y.-J. Gong, F.-W. Zhao, and M.-H. Du, “Methods for Mitigation of End Effect in Empirical Mode Decomposition: A Quantitative Comparison,” *Journal of Electronics & Information Technology*, vol. 29, no. 6, pp. 1394–1398, 2007.

## **Telemedicinálisan támogatott metabolikus szindrómás páciensek diétaadherenciája**

Szálka Brigitta<sup>1,2</sup>, Vassányi István<sup>2</sup>, Máthéné Köteles Éva<sup>3</sup>, Kiszely Ildikó<sup>4</sup>, Szabó Lili Adrienn<sup>4</sup>, Lada Szilvia<sup>4</sup>, Bolgár Tímea<sup>4</sup>, Korom Andrea<sup>3</sup>, Stabrecz Dóra Terézia<sup>4</sup>, Ábrahám Judit<sup>1</sup>, Szűcs Mónika<sup>5</sup>, Seffer Péter<sup>6</sup>, Bilicki Vilmos<sup>6</sup>, Rafael Beatrix<sup>1,4</sup>, Barnai Mária<sup>3</sup>, Várkonyi Tamás<sup>4</sup>, Nemes Attila<sup>4</sup>, Lengyel Csaba<sup>4</sup>, Kósa István<sup>1,2,4</sup>

<sup>1</sup>Szegedi Tudományegyetem, Szent-Györgyi Albert Orvostudományi Kar, Preventív Medicina Tanszék, Szeged

<sup>2</sup>Pannon Egyetem, Egészségügyi Informatikai Kutató-fejlesztő Központ, H-8200 Veszprém, Egyetem u. 10. [szalka.brigitta@gmail.com](mailto:szalka.brigitta@gmail.com)

<sup>3</sup>Szegedi Tudományegyetem, Egészségtudományi és Szociális Képzési Kar, Fizioterápiás Tanszék, Szeged

<sup>4</sup>Szegedi Tudományegyetem, Szent-Györgyi Albert Klinikai Központ, Belgyógyászati Klinika, Szeged

<sup>5</sup>Szegedi Tudományegyetem, Szent-Györgyi Albert Orvostudományi Kar, Orvosi Fizikai és Orvosi Informatikai Intézet, Szeged

<sup>6</sup>Szegedi Tudományegyetem, Természettudományi és Informatikai Kar, Informatikai Intézet, Szeged

**A szakirodalomban halálos négyesként emlegetett metabolikus szindróma kezelésében az orvosi táplálkozásterápia a betegség kezelésének egyik alappillére. A testtömeg-csökkenésre, a vércukor, vérzsír és vérnyomás-értékek normalizálására vonatkozó étrendi alapelvek betartásában hatékony segítséget nyújthat a telemedicina. Cikkünkben a Szegedi Tudományegyetem telemedicinálisan támogatott klinikai vizsgálatának interim eredményeit mutatjuk be.**

### **Bevezető**

A metabolikus szindróma (MS) globális járványként hat a 21. század társadalmára, mely a nemzetközi kutatások eredményei szerint háromszorosára növeli a stroke- és a szívkoszorúér betegségek kockázatát [1]. A MS diagnózisának komponenseinek mindegyike - a hasi típusú elhízás; az emelkedett éhomi vércukor-értékek vagy inzulinrezisztencia, dylipidemia (emelkedett triglicerid-, csökkent HDL-koleszterin-szint) és hyertonia – étrendi vonatkozású [2]. A betegség etiológiája multifaktoriális, melyben a nem megfelelő étrend determinisztikus, éppen ezért a MS terápiájának sikeressége szempontjából a dietetikai intervenció és a helyes táplálkozási magatartás elsajátítása döntő tényező. A MS táplálkozásterápiájának

legnehezebb és fontosabb eleme a testtömeg-csökkentés. A jelenlegi ajánlások a szakirodalomban előforduló különböző étrendtípusok (pl.: kiegyensúlyozott egészséges étrend energiaszegény változata, magas fehérjetartalmú étrend, alacsony zsírtartalmú étrend, stb.) alapján azt sugallják, hogy a diétaadherencia fontosabb tényezője a fogyásnak, mint az étrend típusa [3]. A különböző étrendi ajánlások nők esetében 1200-1500 kcal/ nap, férfiak esetében 1500-1800 kcal/ nap energiabevitelt javasolnak [3][4][5]. Testtömeg-csökkentés esetén nem elég az egyszeri intervenció, az átfogó és gyakoribb ( $\geq 14$  alkalom/ 6 hónap) életmódváltó beavatkozások a legsikeresebbek. Telemedicinális támogatással biztosítható az életmódváltó beavatkozások számának növelése és elérhetővé tehető szélesebb körben is [4].

## **Cél**

A mobil eszközök hatékonyságának igazolása a táplálkozásterápia sikerességére metabolikus szindrómás beteganyagban.

## **Módszer**

Telemedicinálisan támogatott 65 főre tervezett vizsgálatot végeztünk, melyet az interim értékelés időpontjáig 41 metabolikus szindrómás páciens fejezett be. A vizsgálatba bevont betegek a Pannon Egyetem „Lavinia” táplálkozási naplózási felületén okostelefonon rögzítették étrendjüket három hónapig. Az önmonitorozás mellett a klinikai dietetikusok heti rendszerességgel telefonos konzultáció keretei között lehetőséget nyújtottak az étrendi sikerek, nehézségek, a további feladatok, célok megbeszélésében.

Az adattisztítás során a központi adatbázisból exportált anonimizált naplókban javítottuk a nyilvánvaló adatbeviteli hibákat (például 11 adag naplózása 1 adag helyett, stb.), a kiugróan magas energia-bevitelű napok naplóját egyedileg korrigáltuk, majd hiányos adatbevitel címén kizártuk az elemzésből azokat a napokat, melyek teljes energia-bevetele 500 kcal alatti volt, vagy csak 1 étkezés adatait tartalmazták, vagy 500 és 1000 kcal közötti energia-tartalom mellett csak 2 étkezését. Szintén kizártuk azon napokat, melyek energia-bevetele az előtte és utána lévő 2 nap (összesen 4 nap) átlagától 50%-nál jobban különbözött. Ezután az elemzésből kizártuk azokat a betegeket, akik étkezését 30 napnál rövidebb ideig tudtuk csak követni. Az adatok értékelése során a naplózott élelmiszereket, ételeket halmazokba soroltuk. 19 halmazt állítottunk fel, amik közül 10 étrendi rizikófaktort jelent (pl.: magas zsírtartalmú feldolgozott húskészítmények, energiatalok, stb.) ezen túl az étrendi védőfaktorokra is (pl.: friss zöldség-, ill.

gyümölcsfogyasztás) állítottunk fel halmazokat. A statisztikai értékelés során az első naplózott 14 nap és az utolsó naplózott 14 nap kategorikus változói közötti szignifikáns összefüggéseket kerestük kétmintás t-próbával.

### **Eredmények**

Az átlagos naplózott kalóriamennyiség szignifikánsan ( $p = 0,004$ ) csökkent: a vizsgálat első naplózott 14 napján  $1590 \text{ kcal} \pm 256$  volt, mely a vizsgálat utolsó 14 naplózott napjára  $1506 \pm 244 \text{ kcal}$ -ra változott. A férfiak ( $n=18$ ) átlagos energiabevetele az első periódusban  $1745 \pm 254 \text{ kcal}$  volt, az utolsóban  $1654 \pm 234 \text{ kcal}$ , nők ( $n=21$ ) esetében:  $1475 \pm 129 \text{ kcal}$ ;  $1387 \pm 152 \text{ kcal}$ . A résztvevők étrendjének bázisát az alacsony energiadenzitású élelmiszerek tették ki, a friss zöldségfogyasztás átlaga  $212 \pm 88 \text{ g/nap}$  volt, mely csekély mértékben emelkedett a periódus végére. A friss gyümölcsökből átlagosan  $226 \pm 92 \text{ g}$ -ot fogyasztottak, ami további növekedést mutatott az utolsó 14 napban. A rizikófaktorok közül szignifikáns növekedést mutattak a közepesen magas és magas zsírtartalmú feldolgozott húskészítmények. A sótlan diófélék és olajos magvak fogyasztása szignifikánsan csökkent ( $p=0,03$ )  $26 \pm 5 \text{ g/nap}$  - így az ajánlások által javasolt mennyiséget közelítette. A vizsgálatba bevont betegek átlagos testtömeg-indexe (BMI-je) a vizsgálat kezdetén  $39,04 \pm 10,2 \text{ kg/m}^2$  volt, ami a záróvizitre:  $36,5 \pm 8,5 \text{ kg/m}^2$ -re csökkent.

### **Diszkusszió**

A hazai és nemzetközi irányelveknek megfelelő, kiegyensúlyozott, változatos, szélsőséges megszorításoktól mentes, mérsékelt energiaszegény önmonitorozással kiegészített étrendet a páciensek nemcsak sikerrel betartották, de mérhető javulást tapasztaltunk antropometriai paramétereikben. A vizsgált periódus alatt betegek BMI-je az Egészségügyi Világszervezet (WHO) súlyos obes kategóriájának felső kvadránsából átkerült az alsóba. Bár az eredmények ígéretesek a szakirodalmi és a klinikai tapasztalat alapján ennél hosszabbtávú intervenciók és követéses vizsgálatok szükségesek az életmódbeli és táplálkozási szokások tartós megváltoztatásához, az elvesztett testtömeg megtartásához.

### **Köszönetnyilvánítás**

A vizsgálat az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg GINOP-2.2.1-15-2017-00073 projekt keretében.

## Hivatkozások

- [1.] B. Isomaa *et al.*, “Cardiovascular morbidity and mortality associated with the metabolic syndrome,” *Diabetes Care*, vol. 24, no. 4, 2001.
- [2.] E. S. Ford and W. H. Giles, “A comparison of the prevalence of the metabolic syndrome using two proposed definitions,” *Diabetes Care*, vol. 26, no. 3, 2003.
- [3.] L. M. D. Leigh Perreault, “Obesity in adults: Dietary therapy,” 2022. [Online]. Available: [https://www.uptodate.com/contents/obesity-in-adults-dietary-therapy?search=weight loss diet&source=search\\_result&selectedTitle=1~150&usage\\_type=default&display\\_rank=1#H2137907368](https://www.uptodate.com/contents/obesity-in-adults-dietary-therapy?search=weight%20loss%20diet&source=search_result&selectedTitle=1~150&usage_type=default&display_rank=1#H2137907368).
- [4.] H. A. Raynor and C. M. Champagne, “Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: Interventions for the Treatment of Overweight and Obesity in Adults,” *J. Acad. Nutr. Diet.*, vol. 116, no. 1, 2016.
- [5.] Magyar Diabetes Társaság, “A diabetes mellitus kezelése, A diabetes mellitus kórismézése, a cukorbetegség kezelése és gondozása a felnőttkorban, A Magyar Diabetes Társaság Szakmai Irányelve,” *Diabetol. HUNGARICA*, 2020.

## **Informatikával támogatott kertészkedés idős emberek egészség-megőrzése és revitalizálása céljából**

Vassányi István, Szakonyi Benedek

Pannon Egyetem, Egészségügyi Informatikai K+F Központ, Veszprém

Email: vassanyi.istvan@mik.uni-pannon.hu

**Összefoglaló:** A Turntable Horizon 2020 projekt fő célkitűzése olyan informatikai platform és szolgáltatások, alkalmazások készítése volt, melyek az idős, egészséges emberek mindennapi életét segítik. A 3 országban lefolytatott kísérletek eredménye alapvetően pozitív változásokat mutatott ki, és az eredmények alátámasztani látszanak azt a kezdeti hipotézist, hogy az informatikailag támogatott közösségi kertészkedés hatékonyan támogatja az idősek revitalizációját.

### **Bevezető**

Az európai társadalmak jelentős problémája az elöregedés. A Turntable Horizon 2020 projekt fő célkitűzése olyan informatikai platformot és szolgáltatásokat, alkalmazásokat készíteni, melyek az idős, egészséges emberek mindennapi életét segítik. A konzorciumot az olasz Abinsula Srl. vezeti, a többi résztvevő Szlovéniában, Belgiumban, Portugáliában és Magyarországon található.

A projekt során megvalósított rendszer két korábbi megoldás összekapcsolásán alapul, az egyik egy növények mellé telepíthető vezeték nélküli meteorológiai szenzor (Agrumino), a másik egy kertészkedési munkák ütemezését, naplózását, illetve a kertészkedők szociális kapcsolattartását támogató mobil alkalmazás (Tomappo). Az elgondolás az, hogy a kertészkedéssel—még ha csak egy balkonládában történik is—az idős, egyedül élő emberek jól aktivizálhatók, mind fizikai, mind szociális szempontból, ha pedig lehetőségük van saját kert művelésére, akkor a táplálkozásuk is egészségesebb irányba tolható a megfelelő informatikai támogatással. A Turntable végleges funkcionalitását a projekt első évében a tervezett felhasználókkal közösen határoztuk meg. A funkciókról bővebb információ található a projekt weblapján: <https://www.aalturtable.eu/>

### **Módszer**

A projekt eredményeképpen megvalósult a tervezett informatikai megoldás, melyet három országban (Olaszország, Belgium, Portugália)

tesztelt a konzorcium, egy év alatt, összesen több mint 110 önkéntes bevonásával. Minden önkéntes 3 hónapos megfigyelés/felkészülés után 3 hónapig használta a megoldást. A kísérletek célja az volt, hogy a résztvevők egészségügyi, mentális és szociális állapotának követésével kimutassa, pozitívan hatott-e a rendszer használata a résztvevők életminőségére, változtak-e kertészkedési és táplálkozási szokásaik a használat három hónapja alatt, illetve hogy visszajelzést kapjunk egy ilyen jellegű informatikai megoldás elfogadottságáról, használhatóságáról idős felhasználók körében.

A felvett standard kérdőívek egy része a résztvevő mentális/szociális állapotát méri fel: Beck Depression Inventory II. (BDI), Rosenberg Self-Esteem Scale (RSES), DUKE Social Support Index, Positive and Negative Affect Schedule (PANAS), UCLA Loneliness Scale. Az életminőséget a WHO Quality of Life (QOL) kérdőív két változatával, a táplálkozási szokásokat az EPIC Food Frequency kérdőívvel, a kertészkedésről alkotott pozitív véleményt a Gardening Benefits (GARDEN) kérdőívvel mértük. A személyes adatok: az önkéntes neme, kora, iskolázottsága, családi állapota, lakási körülményei és kertje jellege (ha van), mely adatokból nominális változókat készítettünk. Ezekon kívül a System Usability Scale (SUS) illetve a User Experience Questionnaire (UEQ) skálákkal mértük a felhasználók elégedettségét a megvalósított rendszerrel, a kísérletbe fektetett energiát, elkötelezettséget pedig az alkalmazás használatának gyakoriságával. A standard kérdőíveket felvettük a kísérlet előtt (T0) és legalább 1 hónap rendszer-használat után is (T1).

Adattisztítás után elemeztük a független változók korrelációját a T0 időpont-beli skála-értékekkel országonként, a T0-T1 közti változásokat, illetve a szignifikáns numerikus változások korrelációját a független változókkal, illetve az elkötelezettséggel. Külön vizsgáltuk az országok közti különbségeket is.

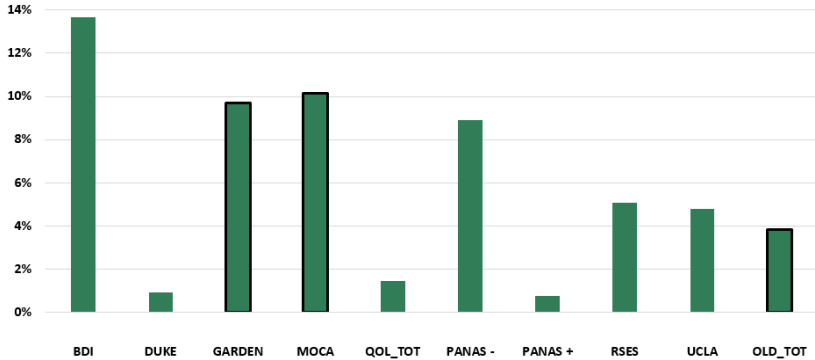
## **Eredmények**

Az olaszországi kísérletből adattisztítás után 41 személy adatait tudtuk feldolgozni (átlagéletkor: 68.8 év, 33 nő és 8 férfi), Belgiumból 57 személyét (42 nő, 15 férfi, átlagéletkor: 85.4 év), Portugáliából 14 személyét (9 nő, 5 férfi, átlagkor: 67.9 év). Portugáliában csak a QOL skála értéke volt elérhető T0 és T1 időpontban. A sok statisztikai eredmény közül a fontosabbak:

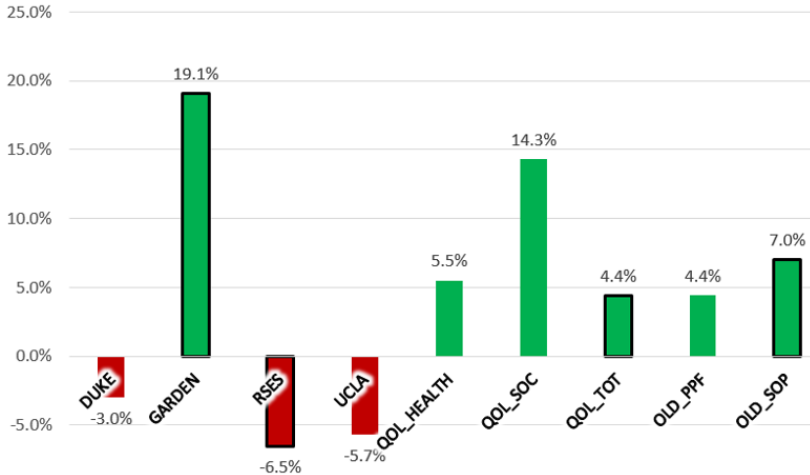
- Az olasz kísérletben a résztvevők mentális/szociális állapotát mérő standardizált skálák közül egy kivételével mindegyik javult a rendszer használata során, de ezek közül csak a QOL\_OLD, MOCA és GARDEN



skálák változása volt szignifikáns ( $p=0,05$ ). Az alábbi ábrán a százalékos változások, fekete kerettel a szignifikáns változás.



- A belga kísérletben sokkal kisebb mértékű javulás volt tapasztalható, és szignifikáns romlás is előfordult az RSES esetében (piros oszlopok):



- Az olasz kísérletben a szignifikáns változásokhoz statisztikailag szignifikáns mértékben köthető független változók: OLD\_TOT: életkor, nem, iskolázottság, GARDEN: kert típusa, elkötelezettség. A belga kísérletben GARDEN: életkor, iskolázottság, munkaviszony, RSES: életkor, QOL: életkor.

- A portugál kísérlet hasonló statisztikai elemzése az alacsony elemszám miatt nem volt lehetséges.

## Megbeszélés

A tanulmány több, a kertészkedés illetve a megélt életminőség szempontjából fontos tényezőt nem tudott figyelembe venni az illesztett kontroll csoport hiánya miatt, mint például az évszakok változását és a Covid-helyzetet. Ezen kívül arra sem volt módunk, hogy a közösségi kertészkedés hatását különválasszuk a Turntable alkalmazás vélt pozitív hatásától. A belga kísérleti személyek átlag-életkora jelentősen magasabb volt, mint az olaszoké, és lakókörülményeik is különböztek (bentlakásos idősok otthona), ami magyarázhatja a két ország közti jelentős eltéréseket. Az életkor mellett jelentős tényezőnek látszik az iskolázottság és az elkötelezettség. Általában véve, a kísérlet alapvetően pozitív változásokat mutatott ki, és az eredmények alátámasztani látszanak azt a kezdeti hipotézist, hogy az informatikailag támogatott kertészkedés hatékonyan támogatja az idősok revitalizációját.

## Köszönetnyilvánítás

A 2019-2.1.2-NEMZ-2019-00003 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból biztosított támogatással, az AAL-2018-5-163-CP pályázati program finanszírozásában valósult meg. A cikkben bemutatott munkát a Széchenyi 2020 program EFOP-3.6.1-16-2016-00015 számú projektje is támogatta.

## Hivatkozások

- [1.] Shilpa Amarya, Kalyani Singh, and Manisha Sabharwal. 2015. Changes during aging and their association with malnutrition. *Journal of Clinical Gerontology and Geriatrics*. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.jcgg.2015.05.003>
- [2.] Michelle Howarth, Alison Brettell, Michael Hardman, and Michelle Maden. 2020. What is the evidence for the impact of gardens and gardening on health and well-being: A scoping review and evidence-based logic model to guide healthcare strategy decision making on the use of gardening approaches as a social prescription. *BMJ Open* (2020). DOI:<https://doi.org/10.1136/bmjopen-2020-036923>
- [3.] Joyce L. McReynolds and Eileen K. Rossen. 2004. Importance of physical activity, nutrition, and social support for optimal aging. *Clinical nurse specialist CNS*. DOI:<https://doi.org/10.1097/00002800-200407000-00011>
- [4.] Theresa L Scott, Barbara M Masser, and Nancy A Pachana. 2020. Positive aging benefits of home and community gardening activities: Older adults report enhanced self-esteem, productive endeavours, social engagement and exercise. *SAGE Open Med.* (2020). DOI:<https://doi.org/10.1177/2050312120901732>
- [5.] WHO. 2015. World Report on Aging and Health. In *World Health Organization (WHO)*. DOI:<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

## Egészségfejlesztő szoftver tervezése általános iskolásoknak

Sikné Lányi Cecília<sup>1</sup>, Barta Viktória<sup>2</sup>, Ries Júlianna<sup>3</sup>, Kanonge Mitonga Nur<sup>4</sup> Vályi Adél<sup>5</sup>, Szűcs Mónika<sup>6</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Pannon Egyetem

8200 Veszprém, Egyetem u. 10.

<sup>1</sup>[lanyi.cecilia@mik.uni-pannon.hu](mailto:lanyi.cecilia@mik.uni-pannon.hu), <sup>2</sup>[viktoriabarta0202@gmail.com](mailto:viktoriabarta0202@gmail.com),

<sup>3</sup>[a.riesjulianna@gmail.com](mailto:a.riesjulianna@gmail.com)

<sup>4,5,6</sup>Szegedi Tudományegyetem

6720 Szeged, Dugonics tér 13.

<sup>4</sup>[nurkanonge@gmail.com](mailto:nurkanonge@gmail.com), <sup>5</sup>[vadel97@t-online.hu](mailto:vadel97@t-online.hu),

<sup>6</sup>[szucs.monika@med.u-szeged.hu](mailto:szucs.monika@med.u-szeged.hu)

**Összefoglaló:** Az egészséget megőrző és fejlesztő szokások elsajátítása elengedhetetlen fontosságú napjainkban, ezért fontos, hogy minél korábban, már általános iskolás korban megismerkedjenek a diákok az egészségmegőréssel. Mivel a mai generáció egyre fogékonyabb az okoseszközökre, ezért egy egészségfejlesztést segítő játék megvalósítását tűztük ki célunknak. Az alkalmazásban szereplő témakörök az egészséges táplálkozás, és a szájhigiéné: három játék, amelyek segítségével megértheti és gyakorolhatja a játékos az egészség megőrzését szolgáló fontos tényezőket.

### Bevezető

Az egészség fogalma az idők során sokszor változott, megfelelően az aktuális ideológiának, világképnek. Az Egészségügyi Világszervezet (WHO) Alkotmánya szerint: „Az egészség teljes testi, szellemi és szociális jólét állapota, nem pusztán a betegség vagy fogyatékoság hiánya.” Ez az idézet a legtöbbet idézett megfogalmazása az egészségnek, azonban mégis rengeteg kritikát kap. Ez a megfogalmazás az Alkotmány aláírása (1946) óta nem változott, és sokak szerint ez inkább egy idealisztikus célképzet, és nem egy realiztikus népegészségügyi tevékenység elérendő vagy elérhető célja. [1]

Az egészségműveltség kifejezés az 1970-es években jelent meg a népegészségügyben és az egészségügyi ellátásban. [2] A WHO meghatározása, amely szerint az egészségműveltség „az emberek kognitív és szociális készsége (skills), amely meghatározza az egyének motivációját és az egyének képességét (ability), amely segítségével hozzáférnek, megértik és felhasználják azokat az információkat, amelyek elősegítik és fenntartják jó egészségüket. [3]

A különféle szokásainkat, körülményeinket, amelyek közt élünk, és amelyek jellemzőek ránk, életmódnak nevezzük. Az életmód teszi lehetővé az egyén számára az egészség megőrzését, az egészség fejlesztésére szolgáló szokások berögzülését. Közvetlenül meghatározza az egészségi állapotunk, és befolyásolja annak alakulását. Nem csak az ember látható megnyilvánulásait jelenti, szubjektív és objektív meghatározói is vannak.[1]

Az egészségfejlesztés az egészséges magatartás kialakítására irányuló tevékenység, az egészséget veszélyeztető megbetegedések és ártalmak megelőzésére szolgál. Az egészségfejlesztés sikeressége érdekében fontos hosszú távon minél több módszer alkalmazása, ugyanis egy módszer önmagában sosem lehet hatékony. [1]

Az egészségnevelést nem lehet elég korán kezdeni, de csak akkor tud hatékony lenni a tájékoztatás, ha az információ nyelve és eszköze könnyen érthető a fiatalabb korosztály számára is. A mai világban a gyermekek már nagyon fogékonyak a számítástechnikai eszközökre, telefonokat, tableteket, és laptopokat használnak egészen kis koruktól. A kisgyermekek akár profitálhatnak is az új technológiák használatából, és pozitív hatása lehet a fejlődésükre, de a nem megfelelő szülői felügyelet és a túlzott káros tartalmak fogyasztásával akár ártalmas is lehet a fejlődésükre.

Az alkalmazásunk célja a kisiskolás korú gyermekek általános egészségét javító szokások berögződését segítő mobilalkalmazás létrehozása, mely mindezt játékos formában tanítja meg a gyermekkel.

## **Módszer**

Először felmértük a „versenytársakat”, azaz szakirodalmi kutatást végeztünk. Bár számos alkalmazás létezik okos eszközre, mégis egyik sem felelt meg a céljainknak, hiába voltak köztük olyanok is, amik mozgásra, sportolásra aktivizálták a játékost, de mind csak angol nyelven voltak elérhetőek. Ez megerősített bennünket egy saját applikáció fejlesztésére.

Magyarországon Az Okos Doboz [4] egy digitális taneszköz, mely tankönyvfüggetlen, jelenleg több mint 10.000 grafikus feladtból, 160 egészségnevelési animációból és 30 gondolkodási képességet fejlesztő játékból áll. [5] A digitális feladatsorokat, videókat, játékokat tartalmazó OkosDoboz munkatársai igen nagy teret biztosítanak az egészségnevelésnek. A témakörök kidolgozásán több pedagógus, iskolapszichológus, gyerekorvos, háziorvos, testnevelő tanár, pedagógiai, szakmai és nyelvi lektor dolgozik - átlagosan 15-20 szakember. Az oldal működéséért és képi világáért körülbelül 30-40 ember felel, grafikusok, animátorok és informatikusok szigorúan összehangolt munkája. Naponta átlagosan 3000

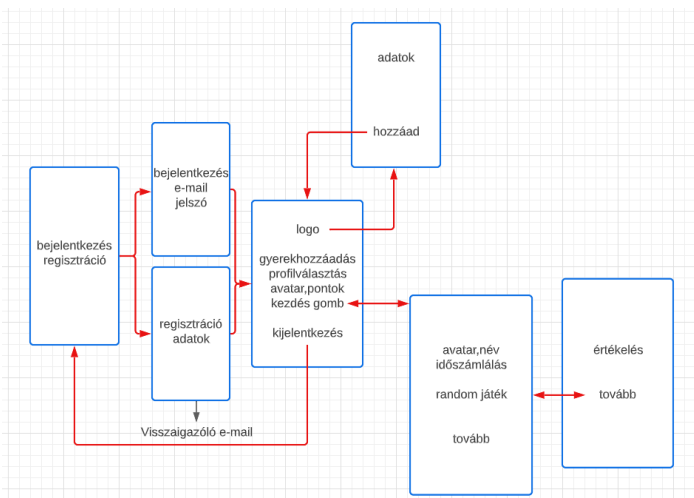
általános iskolás gyerek használja az oldalt, ahol több témakör közül az egyik legnépszerűbb az egészségnevelés. [5]



1.ábra: OkosDoboz kezdőoldala

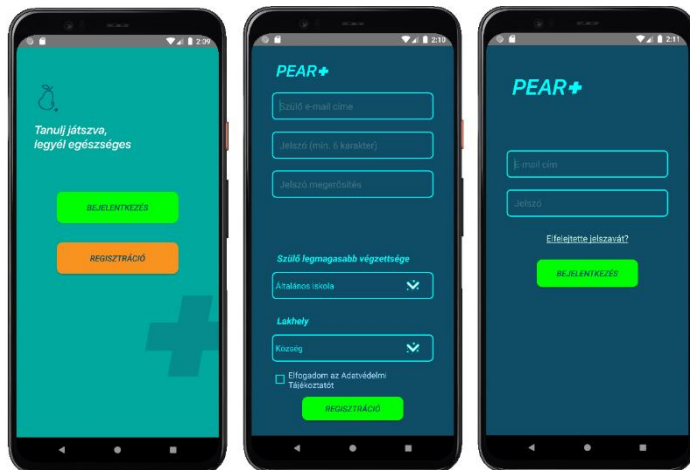
Az angol nyelvű fizikai aktivitást igénylő videójátékok közül említésre méltó a „Couch potatoes to jumping beans” [6], a „Healthy Gaming” [7] játékok. Mobil eszközre fejlesztett játékok közül pedig a „Walk: Fitness Space Adventure” [8], a „Wokamon” [9] és a „Plaicise” [10] játékok.

A mi applikációnk is okos eszközre készült. Android Studio felhasználásával Java programozási nyelven. Az adatbázis Firebase technológiával készült. Az 1. ábrán látható az applikáció működés vázlatja.

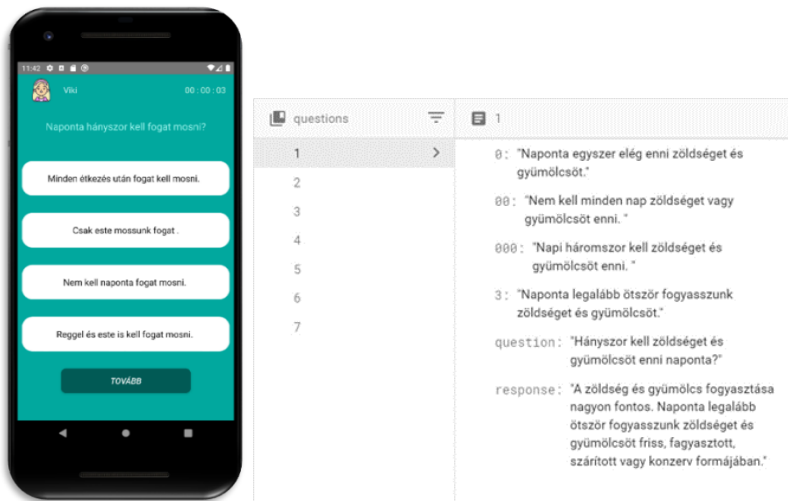


2.ábra: Az alkalmazás működési terve

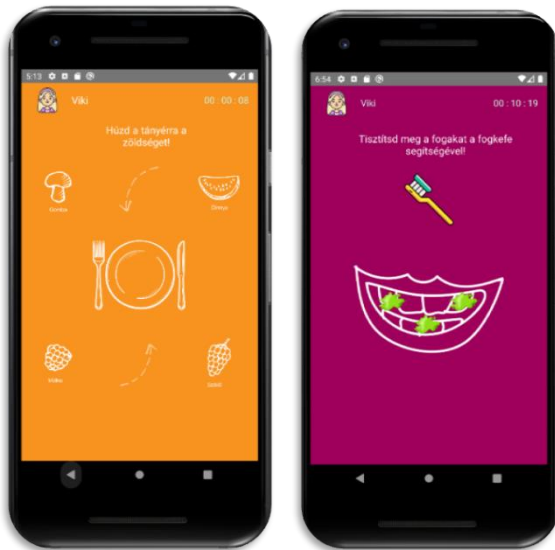
A 3,4,6,7. ábrák képernyőképek az elkészült alkalmazásról.



3.ábra: Felhasználó felületek: bejelentkezés, regisztráció



4.ábra: Kérdés játék képernyője 5.ábra: Kérdések felépítése a játékban



6.ábra: Okostányér játékfelülete 7.ábra: Fogmosós játék felülete

A fejlesztés folyamatos konzultáció mentén zajlott a leendő felhasználók bevonásával. Így természetesen a participatory design [11] módszert és gyakorlatot alkalmaztuk a fejlesztés során. Az elkészült részeket, funkciókat, adatbázist pedig folyamatosan teszteltük.

### **Eredmények, konklúzió**

Kutatási, fejlesztési munkánk során egy applikációt készítettünk okos eszközre kisiskolás gyermekek egészségfejlesztésére. A játék nagyon színes és modern, sok képi objektum található benne. A kód úgy készült, hogy a későbbiekben az alkalmazás továbbfejlesztése könnyű legyen. Az alkalmazást 10 fő tesztelte. Mind a 10 fő pozitív visszajelzést adott a játékra. A felhasználói teszteléshez a System Usability Sale [12] kérdőívet használtuk.

### **Hivatkozások**

- [1.] Cselik Bence: Egészségfejlesztő program hatása általános iskolás diákok egészségtámogatására:  
[https://doktoriiskola.etk.pte.hu/public/upload/files/Doktoriiskola/Tezisfuzetek/Cselik\\_Bence\\_ertekezes.pdf](https://doktoriiskola.etk.pte.hu/public/upload/files/Doktoriiskola/Tezisfuzetek/Cselik_Bence_ertekezes.pdf)
- [2.] Kézikönyv az Egészségfejlesztéshez (Boncz Imre, Lampek Kinga, Pusztafalvi Henriette eds.) Pécsi Tudományegyetem, Egészségtudományi Kar, 2022:  
<http://www.etk.pte.hu/public/upload/files/efop343/KezikonyvAzEgeszegfejleszteshez202>

- [2net.pdf?fbclid=IwAR2vBt-tRaZl1zGRxwt16ZSLpE6z\\_9DyREl-YPJxKfRRuveTdlxfRtvKvbE](#)
- [3.] Csizmadia Péter. (2016), Egészségműveltség definíciói, Egészségfejlesztés, LVII. évfolyam, 2016. 3. szám; 41-44:  
[http://epa.oszk.hu/02900/02987/00003/pdf/EPA02987\\_egeszsegfejlesztes\\_2016\\_03.pdf](http://epa.oszk.hu/02900/02987/00003/pdf/EPA02987_egeszsegfejlesztes_2016_03.pdf)
- [4.] OkosDoboz : <https://www.okosdoboz.hu/>
- [5.] Digitális egészségnevelés az iskolában? Igen! Ez az okosdoboz:  
<https://www.21no.hu/21-ek-vedjegye/cikkek-esemenyek/digitalis-egeszsegneveles-az-iskolakban-igen-ez-az-okosdoboz-41/>
- [6.] Ni Mhurchu, C., Maddison, R., Jiang, Y. et al. Couch potatoes to jumping beans: A pilot study of the effect of active video games on physical activity in children. Int J Behav Nutr Phys Act 5, 8 (2008). <https://doi.org/10.1186/1479-5868-5-8>  
<https://ijbnpa.biomedcentral.com/articles/10.1186/1479-5868-5-8>
- [7.] Brox, E., Fernandez-Luque, L., Tøllefsen, T. Healthy Gaming – Video Game Desing to promote Health. Appl Clin Inform 2011; 02(02): 128-142. DOI: 10.4338/ACI-2010-10-R-0060  
<https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.4338/ACI-2010-10-R-0060>
- [8.] Walkr: Fitness Space Adventure  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fourdesire.spacewalk&hl=en&gl=US>
- [9.] Wokamon - Walking Games, Fitness Game, GPS Game  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.wokamon.android&hl=en&gl=US>
- [10.] Plaicide: AR Fitness Games  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.plaifit.plaifit>
- [11.] Participatory design <https://pointjupiter.com/what-is-participatory-design-what-makes-it-great/>
- [12.] System Usability Scale: <https://www.usability.gov/how-to-and-tools/methods/system-usability-scale.html>



## Memóriaszínek vizsgálata

Sikné Lányi Cecília<sup>1</sup>, Dömötör Anna<sup>2</sup>, Halmosi Bence<sup>3</sup>, Guzsvinecz Tibor<sup>4</sup>,  
Szűcs Judit<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Pannon Egyetem

8200 Veszprém, Egyetem u. 10.

<sup>1</sup>[lanyi.cecilia@mik.uni-pannon.hu](mailto:lanyi.cecilia@mik.uni-pannon.hu), <sup>2</sup>[domotor.anna@gmail.com](mailto:domotor.anna@gmail.com),

<sup>3</sup>[halmosi.bence@mik.uni-pannon.hu](mailto:halmosi.bence@mik.uni-pannon.hu), <sup>4</sup>[guzsvinecz.tibor@zek.uni-pannon.hu](mailto:guzsvinecz.tibor@zek.uni-pannon.hu), <sup>5</sup>[szucs.judit@zek.uni-pannon.hu](mailto:szucs.judit@zek.uni-pannon.hu)

**Összefoglaló:** A hosszútávú memóriaszín egy mindennapi élet során gyakran látott tárgyhoz vagy objektumhoz (például lombozat, ég) társított szín, ami a legtöbb ember számára hasonló. Kutatásunkban hét gyakran látott objektum memóriaszíneit vizsgáltuk: kaukázusi bőr, narancs, banán, ég, lomb, fű, folyó. A teszt során három feladatot kellett megoldani: teljes palettás színezés képi kulccsal, szűkített palettás színezés képi kulccsal, szűkített palettás színezés képi kulcs nélkül. A tesztelés 52 magyar és külföldi egyetemi hallgató bevonásával történt. Statisztikai elemzések során arra a következtetésre jutottunk, hogy a nemzetiség befolyással van egyes memóriaszínekre. A virtuális valóság játékokkal töltött sok idő általában sötétebb memóriaszíneket eredményez, de nem minden vizsgált objektum esetében.

### Bevezető

A memóriaszín egy tárgy (pl. gyümölcsök, levél, égbolt) társítható szín, amely gyakran látható a mindennapi életben, és a legtöbb ember számára hasonló. A memóriaszín fogalmát nem szabad összetéveszteni a színmemóriával. A memóriaszín egy tárgy tipikus színe, amelyre a tárgyról szerzett tapasztalatainkból emlékszünk. Például: az emberek tudják, hogy az érett banán színe sárga. Minél gyakrabban látunk egy bizonyos tárgyat életünkben, annál következetesebben reprodukálható a színe az agyunkban [1].

A memóriaszín azonban nem mindig egyezik meg tökéletesen az eredeti színnel. A kutatások kimutatták, hogy ezek a színek az agyban telítettebbek és világosabbak, mint az eredeti tárgyak színei. Ez valószínűleg azért van, mert ezek a tárgyak legesztétikusabb színei, és agyunk így tárolja őket. Habár a memóriaszínek mindenképpen mutatnak személyenkénti eltéréseket, a leggyakoribb memóriaszínek, amikkel nap mint nap találkozunk, például emberi arc, természetbeli objektumok a legtöbb ember esetében hasonlóságot mutatnak [2].

A gyakran látott objektumok színeit fontos minél pontosabban meghatározni, hiszen „Képmegjelenítő eszközön megjelenő kép esetén a megfigyelők jobban kedvelik a képet, ha azon az ismert tárgyak hosszú távú memóriaszínei láthatók” [3].

A világosság és színárnyalat eltolódása a rövid távú memóriában történik, és ezek az eltolódások nem magyarázhatók szenzoros mechanizmusokkal vagy adaptációs különbségekkel [4-7]. A kognitív hatás hipotézise ezeket az eltolódásokat túlzásként magyarázhatja, a prototipikus színek és a fókuszszínek eltérő hatással vannak a színérzékelésre. Ezért különböző mennyiségű színmemória-eltolódást produkálhat [8].

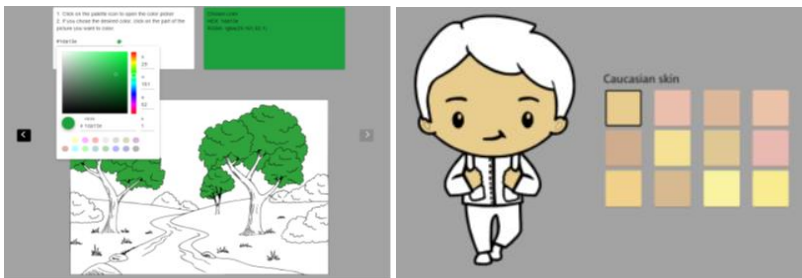
## Módszer

A következő kutatási kérdésekre kerestük a választ:

1. Befolyásolja-e nemzetiségünk a hosszú távú memóriaszíneinket?
2. A virtuális valóság játékokkal töltött idő mennyisége hatással van-e a hosszú távú memóriaszíneinkre?

A kérdések megválaszolásának segítésére készült a teszt szoftver. A teszt szoftver egy webes alkalmazás angol és magyar nyelvi opciókkal. A frontend Angular keretrendszer segítségével készült.

A backend az Express JS webalkalmazás-keretrendszert használja. Továbbá a kiválasztott színek adatbázisban történő tárolására a Microsoft SQL adatbázis-kezelő rendszert használtuk.



1.ábra: Első teszt képernyőképe 2. ábra: Második teszt képernyőképe

A teszteléshez használt fekete-fehér rajzok az internetről származnak. Mivel a formátumuk JPG volt, SVG formátumba kellett konvertálni ezen képeket. Az Inkscape szoftver segítségével az SVG képeket több részre kellett osztani, hogy kiszínezhetőek legyenek. A szintani számításokat a CIELAB színrendszerben végeztük.

Két szín eltérését a CIELAB színrendszerben az alábbi képlettel (1) számoljuk:

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2} \quad (1)$$

ahol a  $\Delta E_{ab}^*$  érték két szín eltérése. A két szín közötti különbségek értékeléséhez az 1. táblázatban szereplő intervallumokat kell használni.

$\Delta E_{ab}^*$ érték	Különbség mértéke
0 – 0,5	nem, vagy alig észrevehető eltérés
0,5 – 1,5	alig észrevehető eltérés
1,5 – 3,0	észrevehető eltérés
3,0 – 6,0	jól látható eltérés
6,0 – 12	nagy eltérés

1.sz. táblázat: Kettő szín eltérésének kiértékelése

A Pannon Egyetem magyar és külföldi hallgatói vettek részt a tesztelésben, összesen 54 fő. A külföldi tesztelők vagy itt kezdték meg a tanulmányaikat, vagy az Erasmus program keretében tartózkodnak itt. A tesztelés teljesen besötétített szobában zajlott, minden külső forrásból érkező fényt ki kellett zárni, a monitor lehetett az egyetlen fényforrás a szobában. Minden egyes tesztet ugyanazon a számítógépen kellett elvégezni, mivel különböző monitorok színei között nagy eltérések lehetnek, amik hamis eredményekhez vezetnének. A tesztalanyok mindegyike 60 cm távolságra ült a monitortól. A tesztek megkezdése előtt szóbeli tájékoztatót kaptak. A tesztalanyokat három csoportba lehetett osztani: átlagos egyetemisták, külföldi hallgatók és videójátékkal gyakran játszó. Mivel nem mindegyik nemzetiségből volt elegendő tesztalany, csoportosítottuk a tesztelőket. Az alábbi öt csoportra osztottuk a tesztelőket, amik szerint össze lehet hasonlítani az eredményeiket: magyarok, ázsiaiak (kínaiak és egy thaiföldi), spanyolok, oroszok, egyéb (jordániaiak, pakisztániak, tunéziaiak és egy török).

## Eredmények

A tesztek a Microsoft Excel program segítségével értékeltük ki, itt átlagot és szórást számoltunk. Először kiszámoltuk az egyes személyekhez tartozó minden vizsgált memóriasínt a három teszt átlagából. Ezeket az értékeket is átlagoltuk, először nemzetiség szerinti, majd virtuális valóság játékokkal töltött idő mennyisége szerinti csoportosításban, és kiszámoltuk a szórást az  $a^*$ ,  $b^*$  értékekhez. Részletesebben csupán az ég színére vonatkozó szín eltéréseket mutatjuk be (2., 3., és 4. táblázat).

1.

	$L^*$	$a^*$	$b^*$
magyar	73,92	-14,18	-24,75
ázsiai	72,54	-19,87	-24,20
spanyol	71,42	-15,71	-27,08
orosz	72,66	-1,83	-27,82
egyéb	65,25	-11,70	-30,40

2. sz. táblázat: Az éghez kapott  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  értékek nemzetiségenként, a cellák háttérszíne egyezik az adott nemzetiséghez kapott eredménnyel

	magyar	ázsiai	spanyol	orosz	egyéb
magyar	0,00				
ázsiai	5,88	0,00			
spanyol	3,77	5,20	0,00		
orosz	12,80	18,40	13,95	0,00	
egyéb	10,87	12,76	8,26	12,72	0,00

3. sz. táblázat: Az éghez tartozó  $\Delta E^*_{ab}$  értékek összehasonlítása

Az éghez tartozó memóriaszín eredményeknél nagy különbségek tapasztalhatók, mind színárnyalat, mind világosság szempontjából. Az egyik csoport adta a legsötétebb, a magyar csoport a legvilágosabb eredményt. Az orosz csoporté a legeltérőbb eredmény színárnyalat szempontjából. Ők mindegyik csoporthoz képest nagy eltérést mutattak ( $\Delta E^* > 12$ ), sőt, eredményük a „nagy eltérés” kategóriát is átlépte.

A keveset, illetve sokat játszó egyetemisták ég memóriaszínei között „jól látható eltérés” tapasztalható árnyalat és világosság szempontjából is. A sokat játszó hallgatók színei némileg sötétebbek.

	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E^*$
keveset játszó egyetemista	73,28	-12,84	-26,10	5,57
sokat játszó egyetemista	68,12	-14,91	-26,45	

4. sz. táblázat: Az éghez kapott  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  értékek és a  $\Delta E^*$  távolságuk, a cellák háttérszíne egyezik az adott csoporthoz kapott eredménnyel

## Konklúzió

A memóriaszínnek jobb megértésére egy tesztszoftvert fejlesztettünk. A tesztek 25 magyar és 29 nem magyar egyetemi hallgató végezte el. Mind a

kaukázusi bőrszín, mind a kék ég és a zöld (fű, lomb) különböző nemzetiségű, illetve a keveset és sokat játszó hallgatók memóriaszínei között szignifikáns eltérést tapasztaltunk. Ezen eredményünk összhangban van egy korábbi kutatásunkkal [9], ahol szintén megállapítottuk, hogy a virtuális valóság alapú játékokkal játszóknak memóriaszíne mind a kaukázusi bőr, mind az ég és a fű színére vonatkozóan eltér a keveset, vagy nem játszó egyetemisták memóriaszínétől.

Ennek a kutatásnak vannak korlátai. A további fejlesztés és a pontosabb eredmények érdekében a teszteket több résztvevővel kell elvégezni. Mivel a legtöbb külföldi diák már hosszabb ideje Magyarországon él, felmerülhet a következő kutatási kérdés: változhatnak-e a hosszútávú memória színei a saját országuktól eltérő országban való hosszabb tartózkodás miatt? Ez további vizsgálatot igényel.

### Hivatkozások

- [1.] E. Hering, "Outlines of a Theory of the Light Sense", 1964.
- [2.] C.J. Bartleson, "Memory colors of familiar objects", *Journal of the Optical Society of America*, vol. 50, no. 1, pp. 73-77, 1960.
- [3.] T. Tarczali, "Investigation of Colour Memory", PhD Thesis, University of Pannonia, 2007.
- [4.] E.W. Jin, S.K. Shevell, "Color memory and color constancy", *Journal of the Optical Society of America A*, vol. 13, no. 10, pp. 1981-1991, 1996.
- [5.] P. Siple, R.M. Springer, "Memory and preference for the colors of objects", *Perception & psychophysics*, vol. 34, no. 4, pp. 363-370, 1983.
- [6.] T.H. Nilsson, T.M. Nelson, "Delayed monochromatic hue matches indicate characteristics of visual memory", *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, vol. 7, no. 1, pp. 141, 1981.
- [7.] S.M. Newhall, R.W. Burnham, J.R. Clark, "Comparison of successive with simultaneous color matching", *Journal of the Optical Society of America*, vol. 47, no. 1, pp. 43-56, 1957.
- [8.] P. Bodrogi, "Shifts of short-term colour memory", PhD Thesis, University of Veszprem, 1998.
- [9.] C. Sik Lányi, "Investigating of Memory-Colours of Intellectually Disabled Children and Virtual Game Addict Students", In *Symposium of the Austrian HCI and Usability Engineering Group*, pp. 463-475, 2009. Springer, Berlin, Heidelberg.

## **Mentális hanyatlás felismerésére szolgáló módszer fejlesztése 3100 fő 8 évnyi online játékait követő adatbázis segítségével**

Bruncsics Bence<sup>1</sup>, Csukly Gábor<sup>2</sup>, Hanák Péter<sup>3</sup>, Pataki Béla<sup>1</sup>, Salacz Pál<sup>4</sup>,  
Strausz György<sup>1</sup>, Szőke Ákos<sup>5</sup>

<sup>1</sup> BME Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék,  
bruncsics@gmail.com, pataki@mit.bme.hu, strausz@mit.bme.hu  
1117 Budapest, Magyar tudósok körútja 2.

<sup>2</sup> SE Pszichiátriai és Pszichoterápiás Klinika, csugab@yahoo.com  
1083 Budapest, Balassa u. 6.

<sup>3</sup> BME Villamosmérnöki és Informatikai Kar, phanak@edu.bme.hu  
1117 Budapest, Magyar tudósok körútja 2.

<sup>4</sup> Péterfy Sándor Utcai Kórház-Rendelőintézet, salacz.pal@gmail.com  
1076 Budapest, Péterfy Sándor utca 8-20.

<sup>5</sup> Multilogic Tanácsadó és Informatikai Kft., szokea@multilogic.hu  
1023 Budapest, Frankel Leó út 45.

**Összefoglaló:** A közel egy évtizede folyó projekt célja az időskori mentális hanyatlás korai észlelése számítógépes tesztek és játékok segítségével. Létrejött egy olyan adatbázis, amely összesen 26-féle, memóriára, logikai, nyelvi, exekutív funkcióra fókuszáló játék, illetve teszt elvégzésének eredményét és játékmenetét tartalmazza. Jelenleg 3100 fő játéknaplói, eredményei szerepelnek az adatbázisban, amelyek alkalmasak lehetnek egy, az időskori mentális hanyatlás felismerését segítő módszer kidolgozására.

Mivel az adatgyűjtés önkéntes és anonim módon történt, így nem tartozik a játékosokhoz mentális hanyatlásra vonatkozó klinikai adat. A további komplexebb algoritmusok kidolgozásához meg kell határozni, hogy kik a mentális hanyatlást mutató személyek, és címkézni kell az idősorokat. Erre a célra olyan módszert dolgoztunk ki, amely elsősorban a memóriajáték – de általánosan bármely játék – eredményeinek szignifikáns időbeli változását ismeri fel. Mivel a naiv lineáris regresszió több esetben sem bizonyult megbízhatónak, így az adatok előfeldolgozása után az elért eredmények időbeli állandóságát vizsgáló statisztikai tesztek alkalmaztunk. Ezt követően a stacionertől szignifikánsan eltérő idősorokat és az eltérés irányát vizsgáltuk meg, majd a potenciálisan mentálisan hanyatló játékosok összes játékának pontszámait egyenként megvizsgáltuk.

## Bevezető

Az időskorúak számának növekedése miatt az időskori kognitív deficit járványszerű tömegjelenséggé vált. A demencia valamilyen formája a 71 év feletti férfiak 11%-ánál, a nők 16%-ánál fellép. A mentális egészség az életminőség egyik fő tényezője, ezért a romlás korai felismerése nagyon fontos, de nehéz feladat. A korai észlelés lehetővé tenné a romlás lassítását, az otthoni minőségi életperiódus meghosszabbítását és a költséghatékonyabb ellátást. Mivel a klinikai vizsgálatok ritkák és költségesek, célszerű rendszeres otthoni monitorozásra alkalmas módszereket kidolgozni. Az elmúlt években felmerült a számítógépes játékok segítségével történő mentális állapot-becslés lehetősége. Az egyik fő probléma az, hogy a népszerű játékok nem alkalmasak a mérésre, ugyanakkor a kidolgozott, validált tesztek nem elég szórakoztatóak, ezért az utóbbiak rendszeres önkéntes használatra kevésbé alkalmasak. A kedveltebb szórakoztató játékok nem úgy ismétlődnek, mint a tesztek, tartalmaznak véletlen elemeket, továbbá az ellenőrizetlen környezeti hatások csak erősen zajos becslést tesznek lehetővé. A játékoknál eddig még nem alakultak ki standard mérési eljárások, ezért első lépésben egy-egy résztvevő teljesítményében bekövetkező szignifikáns romlást lehet detektálni. (Természetesen az elején lehet egy javuló tanulási fázis. Ez célunk is, annak érdekében, hogy kognitív tréningként is működjenek, amelyek lassíthatják a progressziót.) Az elmúlt közel 8 év alatt három kutatási projektben vizsgáltuk a mentális állapot szignifikáns változásának detektálhatóságát [1],[2],[3],[4]. A három projekt során 26 játék kifejlesztésével és alkalmazásával 3100 játéknapló gyűlt össze. Ezen játéknaplók elemzésével fejlesztettünk ki egy automatikus előszelektáló módszert, amely egy-egy játékos kritikus romlásának detektálását segíti. A rendszer természetesen csak előszelektálást végez, a diagnózis további vizsgálatokat és mindenképpen humán szakértelmet igényel. Ugyanakkor az automatikus értékelés megnyithatja az utat az online szűrés és tanácsadás irányába.

## Célkitűzés

A közvetlen cél: olyan eljárást kidolgozni, amely a keletkező játéknaplókból kinyerhető teljesítményadatok alapján felhívja a figyelmet a gyanús romlást mutató résztvevőkre.

A távlati (még nem megoldott cél): az eredmények értékelésének finomítása, amely nagyobb pontosságot tesz lehetővé több játéktípus együttes értékelésével.

## Módszer

Összesen 26 játékot fejlesztettünk ki, ami elsősorban a célközönség (idősebb populáció) számára történő adaptációt jelentette [5],[6]. Olyan játékokat alkalmaztunk, amelyek főleg három fontos kognitív terület valamelyikének vizsgálatára fókuszálnak, ezek: a téri-vizuális, illetve a verbális munkamemória, továbbá az exekutív funkciók. Mivel a játékok használata otthoni körülmények közt önkéntesen történik, ezért a teljesítményt mérő eredményeket nagy zaj terheli (1a-1b ábra).

Ennek megfelelően igen fontos az adatok előfeldolgozása, pl. a kilógó adatok kiszűrése. A kilógó adatok speciális típusa a feladott játékokból származó, 0 teljesítmény-pontszámot eredményező játékok adata. (Ennek két fő oka van: megzavarták a résztvevőt, vagy a kiinduló állást túl nehéznek ítélte meg, és ezért feladta.)

Az adatbázis több mint 1,25 millió lejátszott játékot rögzít, a négy legnépszerűbb az admirális (pasziánsz), a szókitaláló, a különbségkereső és a memória játék volt, összesen közel 680 ezer játékkal. Ezek közül a módszer kifejlesztéséhez a memóriajátékot választottuk, mivel jól ismert szabályokat követ, és az egyéni pontszámok szórása is alacsony. A memóriajátékkal több mint ezer játékos játszott legalább egyszer, 451 játékos legalább tízszer és 131 játékos legalább száz alkalommal (közülük többen ezres nagyságrendben).

Feltételeztük, hogy a mentális hanyatlást vagy fokozatosan csökkenő pontszámok vagy egyenletes pontszámokat követő csökkenés jellemzi. Ennek az automatikus detektálásához egy négylépéses eljárást alkalmaztunk, ahol (1) előkészítettük az adatokat, (2) teszteltük, hogy időben változnak-e a játékosok pontszámai, (3) meghatároztuk, hogy a változás csökkenő tendenciájú-e, (4) az ezeknek megfelelő pontszámokat vizualizáltuk, és kiválasztottuk a mentális hanyatlásnak megfelelő képet mutató játékosokat.

Az adatok előkészítése az adatbázis beolvasásából, a gyanús pontszámok eltávolításából és a vizualizációhoz szükséges mozgó ablakos átlagolásból állt. Gyanús pontszámok közé tartoztak a feladott játékok, a túl rövid (<1s) vagy túl hosszú (>1h) játékok pontszámai. Továbbá a kiugró adatpontokat is eltávolítottuk mozgó ablakon belüli szűréssel. Ehhez a szokásos kilógóadat-szűrési eljárások közül az első és harmadik kvartilisektől másfélszeres interkvartilis tartományon kívül eső pontok eltávolítását találtuk a legjobbnak, mivel az átlaghoz képest vett kétszeres vagy háromszoros szórással történő szűrés hibázási aránya túl magasnak bizonyult.

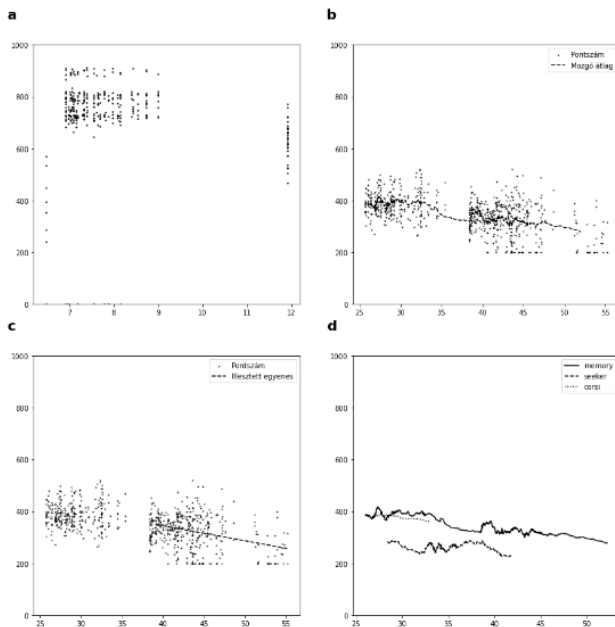
Második lépésként azt döntöttük el, hogy a pontszámok mutatnak-e változó tendenciát. Egy egyszerű egyenesillesztés erre a célra nem megfelelő,

---

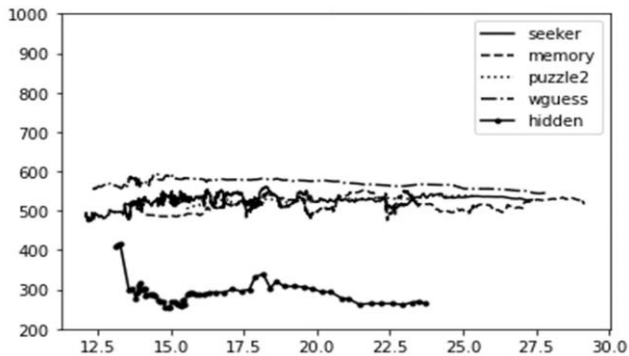


kaphatunk nem korrekt meredekségű illesztett egyenest például az olyan esetekben is, ahol eleinte nőnek, majd csökkennek a pontszámok (lásd 1.a ábra). Ezért a pontszámok időbeli állandóságát statisztikai stationaritástesztel ellenőriztük. Itt a Python statmodels csomagjának Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin (kpss) [7], augmented Dickey-Fuller [8], Zivot-Andrews és range unit root [9] tesztjeit próbáltuk ki, melyekkel a pontszámokat mint idősorokat teszteltük stationaritás és egységgyök szempontjából.

Harmadik lépésként a már ismert nem stationer adatsorok trendjének meghatározásához egy mozgóablakos átlagolást használtunk (lásd 1.b ábra), itt az ablakméret függött a pontszámok számától és természetesen kevesebb játék esetében zajosabb képet kaptunk. A trend irányának a meghatározásához az adatsorok utolsó szakaszára illesztett egyenes meredekségének az irányát vizsgáltuk (lásd 1.c ábra).



1.ábra a.) Tipikus eredményesorozat, ahol az egyszerű egyenesillesztés nem járható út b.) Egy adott résztvevő memóriajátéksorozatának eredményei c.) A memóriajátékok második felére illesztett egyenes d.) Ugyanezen résztvevő 3 különböző (2 memóriára, 1 nyelvi készségekre fókuszáló) játékban elért eredményeinek sorozata.



2.ábra Egy – a stacionaritási teszten fennakadó – szignifikáns romlást nem mutató eset

Végezetül, ahol nemstacioner és csökkenő tendenciát mutató pontszámokat kaptunk, megjelenítettük a trendeket, kizártuk az esetleges tévesen pozitív eseteket, valamint megvizsgáltuk a játékos összesített teljesítményét az összes játékára vonatkozóan (lásd 1.d ábra).

Az. 1.b-1.d ábrákon látható eredmények egy olyan résztvevőtől származnak, akinél jól megfigyelhető a memóriefunkció szignifikáns romlása, miközben a verbális funkcióra fókuszáló játéknál nem látható ilyen mértékű romlás. Ugyanakkor az automatizált előszelektió után is szükség van a gyanús esetek humán vizsgálatára. Mint a 2. ábra mutatja, a nem stacioner esetben is előfordul, hogy nincs szignifikáns romlás, csak enyhén romló és javuló szakaszok okozzák a stacionaritási tesztből származó jelzést.

Az adatok elemzése során több nehézséget is kezelni kellett, mint pl. az játék nehézségi szintjének változtatása, a játékokban történő nagyobb kihagyások vagy a kevés játékkal rendelkező játékosok kezelése.

Összességében sikerült egy olyan módszert kidolgozni, ami érzékeny a mentális hanyatlásra jellemző csökkenő tendencia jelenlétére, a mért adatok jól reprezentálják a változásokat, és segítségével megjeleníthetőek a gyanús esetek. Az összes játék képének együttes elemzésével sikerült kiválasztani a mentális hanyatlás képét mutató játékosokat.

## Köszönetnyilvánítás

Az iCare4NextG - Virtuális közösségi tér időskorúak minőségi életvitelének támogatására című 2019-2.1.1-EUREKA-2020-00014 számú projekt a Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatással, az EUREKA-2020 pályázati program finanszírozásában valósult meg.

**Hivatkozások**

- [1.] Maintaining and Measuring Mental Wellness (M3W), <https://www.aal-europe.eu/projects/m3w/>, AAL Programme, 2012-2015
- [2.] From empowering to Viable Living (Front-VL), <https://www.celticnext.eu/project-front-vl/>, , CELTIC-NEXT Eureka Cluster
- [3.] Integrated care for next generation (iCare4NextG), <https://www.celticnext.eu/project-icare4nextg/>, CELTIC-NEXT Eureka Cluster
- [4.] Hanák P., Csukly G., Pataki B., Sirály E., Szita B., Breuer P., András I., Maros V., Kiss N.: A mentális frissesség megőrzése és mérése. in: Az eHealth kihívásai. XXVI. Neumann Kollokvium konferencia-kiadványa, Pannon Egyetem, Veszprém, 2013. nov. 22-23., pp. 107-110. ISBN 978-615-5044-90-8
- [5.] Pataki, B., Hanák, P., Csukly, G. (2015). Surpassing Entertainment with Computer Games: Online Tools for Early Warnings of Mild Cognitive Impairment. In: Helfert, M., Holzinger, A., Ziefle, M., Fred, A., O'Donoghue, J., Röcker, C. (eds) Information and Communication Technologies for Ageing Well and e-Health. ICT4AWE 2015. Communications in Computer and Information Science, vol 578. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-27695-3\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-27695-3_13),
- [6.] Sirály, E., Szabó, Á., Szita, B., Kovács, V., Fodor, Zs., Marosi, Cs., Salacz, P., Hidasi, Z., Maros, V., Hanák, P., Csibri, É., Csukly, G. (2015). Monitoring the Early Signs of Cognitive Decline in Elderly by Computer Games: An MRI Study. PLOS ONE | DOI:10.1371/journal.pone.0117918 February 23, 2015, [http://emt.bme.hu/drupal/m3w-project/system/files\\_force/document/journal.pone\\_0117918.pdf?download=1](http://emt.bme.hu/drupal/m3w-project/system/files_force/document/journal.pone_0117918.pdf?download=1)
- [7.] Kwiatkowski, D., Phillips, P.C.B., Schmidt, P., & Shin, Y. (1992). Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root. *Journal of Econometrics*, 54: 159-178.
- [8.] MacKinnon, J.G. 1994. "Approximate asymptotic distribution functions for unit-root and cointegration tests. *Journal of Business and Economic Statistics* 12, 167-76.
- [9.] Baum, C.F. (2004). ZANDREWS: Stata module to calculate Zivot-Andrews unit root test in presence of structural break," *Statistical Software Components S437301*, Boston College Department of Economics, revised 2015.

## **„Légzés félelem nélkül” – Virtuális valóság alapú légzés javító játék tervezése post és long-Covid szindrómában szenvedő betegek rehabilitációjára**

Szabó Patrícia<sup>1</sup>, Sikné Lányi Cecília<sup>2</sup>, Schalbert Judit<sup>3</sup>, Kretz Zsombor<sup>4</sup>, Cserjési Renáta<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Pannon Egyetem, Műszaki Informatikai Kar  
8200 Veszprém Egyetem utca 10

<sup>5</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, Pedagógiai és Pszichológiai Kar  
1064 Budapest Izabella u. 46

<sup>1</sup> szabo.patricia@phd.mik.uni-pannon.hu

<sup>2</sup> lanyi.cecilia@mik.uni-pannon.hu

<sup>3</sup> judit.schalbert@gmail.com

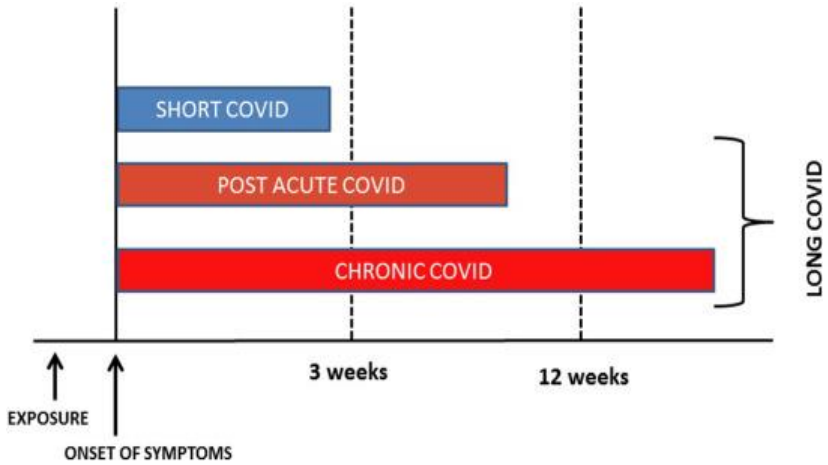
<sup>4</sup> zsgy.kretz@yahoo.com

<sup>5</sup> cserjesi.renata@ppk.elte.hu

**Összefoglaló:** A COVID-19 nagy hatással volt a világra, az emberekre, az egészségügyre. A vírus hosszútávú tünetei közé tartozik a légszomj, a szívdobogásérzés, a mellkasi fájdalom és a nehézlégzés. Kutatásunk célja a post és long-Covidban szenvedő személyek egészségi állapotának utánkövetése, továbbá rehabilitációja. Mindemellett fő motivációnk egy virtuális valóság alapú játék tervezése, mellyel az emberek megtanulhatnak újra félelem nélkül lélegezni.

### **Bevezető**

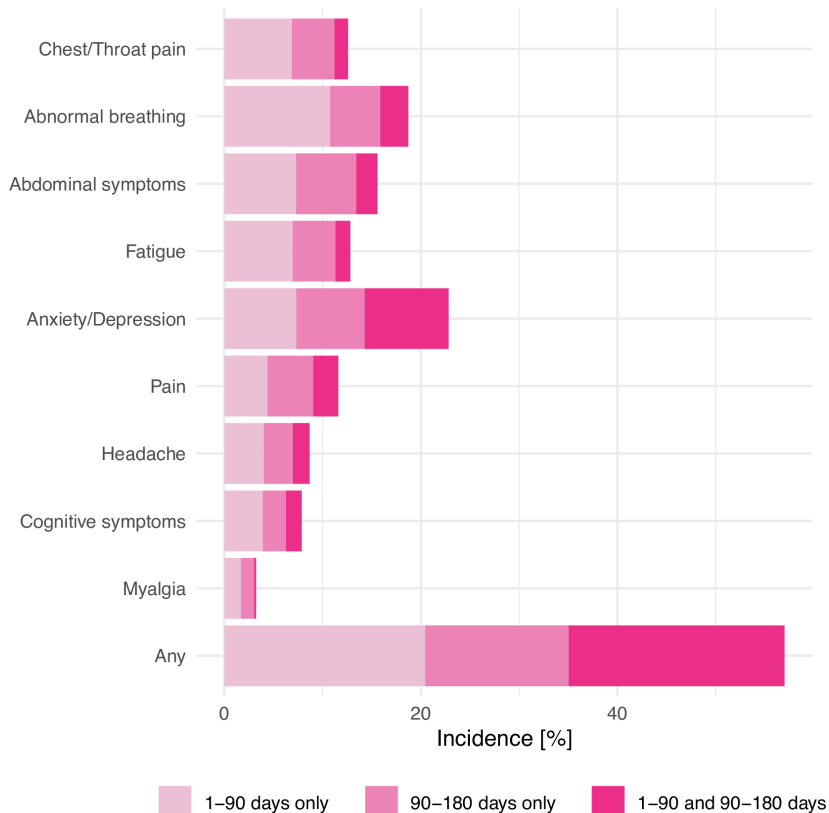
A légzés fontos és ösztönös tevékenység, amely közvetlenül hatással van a szívünkre. A helyes légzéssel csökkenthetjük a stresszt, kezelni tudjuk vele a szívritmuszavart és a magas vérnyomást. [1] A légzőgyakorlatok elsajátítása és gyakorlása segít csökkenteni a légzéshez kapcsolódó rendellenességeket, mint például a figyelemhiányos hiperaktivitás-zavart (Attention Deficit Hyperactivity Disorder), a krónikus tüdőbetegséget vagy az asztmát. [2, 3, 4]. A COVID-19 nagyban megváltoztatta az életünket. A szakemberek számos új kihívással találják szembe magukat napról-napra. A betegségen átesett emberek körében az idő múlásával újfajta kihívások fedezhetők fel. A vírus elterjedése után sok a betegségen átesett páciens kezeltek post-Covid tünetekkel, sajnálatos módon az idő előrehaladtával sok esetben a tünetek több, mint 12 hétig is fennállnak, ilyenkor már krónikus betegségről beszélhetünk, amit az egészségügyben a long-Covid kifejezés jobban definiál.



1.ábra: long-Covid osztályozása [5]

A fenti ábrán a long-Covid osztályozása látható. 3 héten belül short covid, 3 és 12 hét között post-Covid, míg 12 hét után krónikus Covid betegségről van szó. Az utolsó kettő kategória foglalja magába a long-Covid meghatározást. Általában azok a személyek tekinthetők long-Covid betegeknek, akiknél a tünetek a fertőzést követően több, mint 12 hétig fent állnak. Ezek a tünetek lehetnek:

- extrém fáradtság
- légszomj, szívdobogásérzés, mellkasi fájdalom vagy szorító érzés
- köhögés
- rekedtes hang
- memória- és koncentrációs problémák
- íz- és szagváltozások
- ízületi és izomfájdalmak
- alvási problémák
- zsibbadás vagy szúró érzés
- hangulatváltozások (szorongás, depresszió vagy stressz)
- szívdobogás
- kiütés
- alacsony fokú láz
- csökkent étvágy és fogyás
- nehézségek a mindennapi tevékenységekben [6]



2. ábra Long-Covid jellemzőinek előfordulása, együttes előfordulása és evolúciója: 6 hónapos retrospektív vizsgálat során 273 618 COVID-19 túlélővel [7]

Az alábbi ábrán a long-Covid tüneteinek előfordulása látható 273 618 túlélőt vizsgálva, 6 hónapos időszakban. Az ábráról leolvasható, hogy a leggyakoribb, a legtöbb incidens a depresszió mellett az abnormális légzés tekintetében figyelhető meg. Továbbá érzékelhető az idő múlásával a tünetek előfordulásának csökkenése.

### Célkitűzés

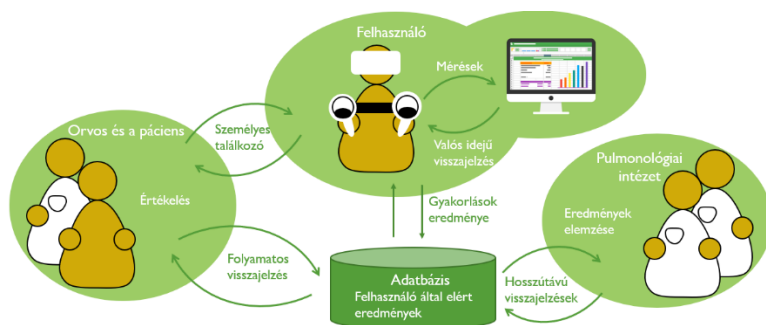
Belátható, hogy egy új, sok embert érintő egészségügyi problémával nézünk szembe, ami a szakemberek számára is kihívásokat rejt. A hosszútávú tünetek között kiemelkedő helyen szerepel a nehézlégzés, illetve a

depresszió, szorongás. Ez a két fő tünet kapcsolatban áll egymással. Így a projektünk és kutatásunk fókusza erre a területre irányul.

Célunk egyrészt adatok gyűjtése és elemzése, illetve egy serious game fejlesztése, amely segítségül lehet a légzési nehézségekkel küzdők rehabilitációjában. A COVID-19 betegségből felépült emberek között akadnak olyanok, akik sajnos nem teljesen gyógyultak ki a betegségből. A vírus maradandó nyomot hagyott az életükben például pánikrohamok formájában, ami hatására nem tudnak rendszeren lélegezni, kapkodják a levegőt. Állapotuk folyamatos monitorozása mellett, fő motivációnk egy virtuális valóság alapú játék tervezése, mellyel az emberek megtanulhatnak újra félelem nélkül lélegezni.

### Módszer

Projektünk két fő részre osztható: adatok gyűjtésére-elemzésére és a rehabilitációra. A kutatásban résztvevő egyéneket több szempont szerint rendezzük kategóriákba. Első körben két fő csoportot alakítunk ki, a post-Covid tünetektől szenvedő páciensek, és a magukat egészségesnek valók. Utána ezt a két csoportot is tovább osztjuk életkor alapján. Egyrészt össze tudjuk hasonlítani az egészséges egyének értékeit a hosszútávú tünetektől szenvedőkével, ezáltal megfigyelhető lesz a Covid légzésre gyakorolt hatása az idő múlásával. Emellett megállapítható, hogy többnyire mely korcsoportokat érinti és mekkora mértékben. Az alábbi ábrán a projekt rendszerterve látható. Az orvos személyes kapcsolatban áll a felhasználóval, az eredményeket kiértékeli. A pulmonológiai intézet pedig hosszútávú visszajelzéseket biztosít.



3. ábra: Projekt rendszerterve

Biofeedback adatokat, Polar H10 pulzusérzékelő mellkaspánt segítségével nyerjük ki. A Polar H10 egy mellkasra erősíthető pulzuszórához hasonló eszköz, ami

arra használható, hogy a páciensek biometriai jeleit mérjük. Ezek az adatok a rehabilitációhoz fejlesztett alkalmazásban felhasználásra kerülnek, ezek befolyásolják a játék menetét. A mellkaspánt Bluetooth csatlakozási lehetőséggel rendelkezik, aminek köszönhetően közvetlenül lehet vele kapcsolódni az Oculus Quest 2 virtuális eszközhöz, amelyet a rehabilitációs játék létrehozásához használunk. Ez lehetőséget biztosít arra, hogy valós időben figyeljük a felhasználó pulzusát és annak függvényében változtassuk a környezetet az alkalmazásban. Oculus Quest 2 virtuális eszköz Android 10-es operációs rendszeren alapul [8]. A készülékhez tartozik egy pár Oculus Touch kontrollert, amelyeken található egy analóg botkormány, 3 gomb különböző funkciókra, egy marok gomb és egy, ami a mutató ujjnál található. A kontrollerek továbbá tartalmaznak gyorsulásmérőket, giroszkópokat és rezgőmotorokat is, valamint a gyűrűikben infravörös LED-ek találhatóak, amik megengedik a teljes háromdimenziós lekövetést. A program fejlesztéséhez a Unity játékmotor szolgál segítségül [9]. Az egyetemen, hasonló több virtuális valóság alapú játék került létrehozásra, ezzel a technológiával, ahol már bizonyította használhatóságát [10, 11]. A játékban használt modelleket és animációkat pedig a Blender 3D számítógépes grafikai programmal valósul meg, amit animációs filmekhez, vizuális effektekhez, háromdimenziós modellekhez és természetesen virtuális valóság készítéshez is használnak [12].

A mért biometriai adatok és az alkalmazásban kapott eredmények felhő alapú adatbázisban kerülnek tárolásra. Ezekből az értékekből a szakember, illetve a páciens számára statisztikák készülnek, amelyek web alapú felületen érhetőek el. A weboldal PHP nyelven kerül implementálásra.

## **Összefoglalás**

A projektünk fő iránya, a COVID-19 vírus fertőzésen átesett betegek segítése, akiknek hosszútávú tünetei között légzési nehézség tapasztalható. Jelenleg pulzusérzékelő mellkaspánt alapján gyűjtünk biofeedback adatokat, de további tervünk közé tartozik, hogy monitorozzuk a szívritmust, a légzési frekvenciát, a véroxigénszintet és a bőrellenállást, hogy teljesebb képet kapjunk a páciense egészségi állapotáról a légzésre fókuszálva. Az egyének egészségi állapotának hosszútávú monitorozása, utánkövetése mellett, egy a rehabilitációhoz szükséges serious game fejlesztésére helyezük a hangsúlyt, amelyet virtuális eszközök segítségével valósítunk meg.



## Hivatkozások

- [1.] C. J. Wientjes, J. A. Veltman, and A. W. Gaillard. "Cardiovascular and respiratory responses during a complex decision-making task under prolonged isolation," *Adv Space Biol Med*, vol. 5, pp. 133-155, 1996
- [2.] R. Wootton, and J. Craig Introduction to Telemedicine, Eds., London, Royal Society of Medicine Press, 1999, pp.68-73
- [3.] Wein, and K. Hecht, "Sleep electropoligraphical and other electrophysiological methods for investigation of nocturnal sleep, in Human sleep," in *Physiology and Pathology, Medicina, Moscow., Russia, 1989*, pp. 76-85, (in Russian)
- [4.] Wein, and K. Hecht, "Sleep electropoligraphical and other electrophysiological methods for investigation of nocturnal sleep, in Human sleep," in *Physiology and Pathology, Medicina, Moscow., Russia, 1989*, pp. 76-85, (in Russian)
- [5.] K. Elissa, "Title of paper if known," unpublished.
- [6.] A.V. Raveendran, Rajeev Jayadevan, S.Sashidharan, *Dibates & Merabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 2021
- [7.] Understanding post-COVID-19 symptoms and long COVID (<https://www.healthdirect.gov.au/covid-19/post-covid-symptoms-long-covid#long>)
- [8.] Maxime Taquet, Quentin Dercon, Sierra Luciano, John R. Geddes, Masud Husain, Paul J. Harrison, Incidence, co-occurrence, and evolution of long-COVID features: A 6-month retrospective cohort study of 273,618 survivors of COVID-19, 2021
- [9.] Oculus Quest 2 termék hivatalos weboldala (<https://www.meta.com/quest/products/quest-2/>)
- [10.] Unity játékmotor hivatalos weboldala (<https://unity.com/>)
- [11.] Gyetvai, Levente ; Lovas, Bertalan Vince ; Kiss, Mate ; Talas, Martin ; Halmosi, Bence ; Ara, Jinat ; Sik-Lanyi, Cecilia ; Haneklaus, Nils ; Guzsvinecz, Tibor ; Szűcs, Judit Development of a Negotiation-based Serious Game in Virtual Reality to Help Teach Responsible Consumption and Production
- [12.] Guzsvinecz, Tibor ; Szabó, Máté ; Halmosi, Bence ; Sik-Lányi, Cecilia, The Virtual Reality Sound-based Spatial Orientation Project
- [13.] Blender 3D számítógépes grafikai tervező program hivatalos weboldala (<https://www.blender.org/>)

## **Android alapú alkalmazás tervezése 1-es típusú cukorbeteg gyermekek tanítására**

Szabó Patrícia<sup>1</sup>, Sikné Lányi Cecília<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Pannon Egyetem, Műszaki Informatikai Kar, Villamosmérnöki és  
Információs Rendszerek Tanszék  
8200 Veszprém Egyetem utca 10

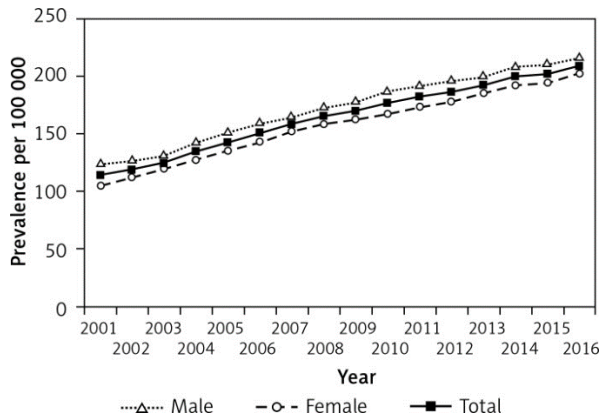
<sup>1</sup> szabo.patricia@phd.mik.uni-pannon.hu

<sup>2</sup> lanyi.cecilia@mik.uni-pannon.hu

**Összefoglaló:** Az 1-es típusú cukorbetegség a kora gyermekkorban egyre gyakoribb és növekvő probléma. A kutatás célja egy, a serious game műfajába tartozó játék fejlesztése óvodáskorú diabéteszben szenvedő kisgyermek részére. Célja a játékos módszerekkel való tanítás. Az alkalmazás Android operációs rendszerre készül, a mobilitást szem előtt tartva, Java programozási nyelven.

### **Bevezető**

Az 1-es típusú cukorbetegség általában csak egy kis részét teszi ki a cukorbetegség teljes hatásának egy populációban. A legtöbb fejlett országban ez a betegség dominánsabb a fiatalabb korcsoportokban. Az 1-es típusú cukorbetegségben a hasnyálmirigy béta-sejtjeinek autoimmun pusztulása abszolút inzulinfüggőséghez és a szövödmények magas arányához vezet, amelyek jellemzően viszonylag fiatal korban jelentkeznek. Ezért az 1-es típusú cukorbetegség különösen nagy terhet ró az egyénre, a családra és az egészségügyre [1]. 2019-ben publikált felmérésben 6138 új 1-es típusú cukorbetegét figyeltek meg Magyarországon, 2001 és 2016 közötti időszakban. A vizsgált korosztály 0 és 18 éves kor közötti gyermekek és serdülők. A vizsgált időszakban nem figyeltek meg szignifikáns eltérést fiúk és lányok között. Az adott időszakban újonnan keletkező esetek gyakoriságában folyamatos növekedés figyelhető meg. A kezdeti 16/100 000 arányról, a vizsgált 16 éves időszak végére elérte a legmagasabb éves 23/100 000 arányt. Az alábbi ábrán a prevalencia látható, azaz a cukorbetegségben szenvedők aránya a teljes népességben. Az egyes típusú diabéteszben szenvedő egyének prevalenciája folyamatosan emelkedett 114/100 000-ről 209/100 000-re a vizsgált időszakban. Növekedésének átlagos éves üteme 5,8%/év. [2]



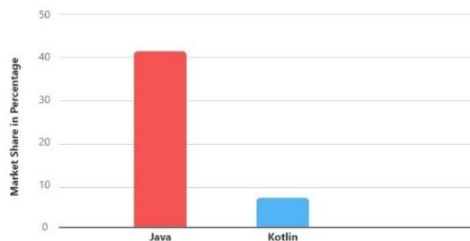
1.ábra: Az 1-es típusú cukorbetegség prevalenciája 0-18 éves gyermekek és serdülők körében Magyarországon 2001 és 2016 között. [2]

Világosra látszik az egyes típusú cukorbetegség előfordulása évente körülbelül 3–5%-kal növekszik. Felismerték, hogy az 1-es típusú cukorbetegség előfordulása a kora gyermekkorban egyre gyakoribb, amely tartósan megváltoztatja az egyén és a család mindennapi életét. Kiemelt figyelmet kell fordítani az inzulin adagolására, a vércukorszint mérésére, az étkezésekre és a sportolásra. A cukorbetegségnek számos szövődménye lehet, mint például a diabéteszes retinopátia, ezért is fontos megfelelő életmód betartása, és már a fiatal korban a helyes életvitel megtanítása [3]. A projekt célja az óvodáskorú diabéteszes gyermekek tanítása a betegségükről játékos módszerekkel, könnyen érthetően, a korosztályra való tekintettel hanganyagokkal, amelyek mind az instrukciókat, mind a diabéteszrel kapcsolatos információkat, tudást tartalmazza.

## Módszer

A projekt indulásakor fontosnak tartottuk, egy olyan szoftver megvalósulását, amely könnyen, bárhol elérhető a felhasználó számára. Emiatt egy olyan alkalmazás került megvalósításra, amely mobil eszközökön (telefonon, táblagépen stb.) használható. Piaci megoszlást tekintve, az Android szerepel napjainkban az első helyen [4]. A projekt keretein belül, egy Android alapú eszközökön használható serious game került megalkotásra. Számos módja ismert az Android eszközökre való alkalmazás fejlesztésére. A cél eléréséhez az Android Studio-t választottuk, mivel számos olyan funkcióval rendelkezik, amelyek a projekt megvalósításához szükségesek. Néhányat említve ezek közül: APK elemző, Kódelemző,

Layout szerkesztő, Media player funkció, Optimalizálás az összes android eszközre [5]. Fejlesztés során kimondott figyelmet szenteltünk arra, hogy minden eszközre kompatibilis legyen, a felbontás tekintetében, hogy az objektumok a készülék kijelzőjének méretétől függetlenül jól jelenjenek meg. A fejlesztés az egyik legnépszerűbb programozási nyelven, a Java-n valósult meg. A Java számos előnnyel rendelkezik: platformfüggetlen, objektumorientált, szimulációs eszköz. A Javanak számos olyan funkciója van, amely hatékonyá és rendkívül biztonságos nyelvvé teszi [6]. Bár az Android Studioban az években megjelent egy új programozási nyelv is a Kotlin, ennek ellenére piaci megosztás tekintve még mindig a Java van az első helyen, amely a lenti diagrammon is szemléltetésre került. Az alkalmazásban használt adatok, lokálisan kerülnek mentésre, mivel szerkesztő is készült a szoftverhez, így sok új és nagyméretű adattal egészítheti ki a felhasználó a játékot. Ennél fogva az egyetlen limit csak a felhasználó készülékének a kapacitása. Az új tartalmak hozzáadásának lehetősége segít a szülőknek, hogy minél több új információt tudjanak tanítani a gyermekeiknek, személyre szabhassák a játékot a részükre.

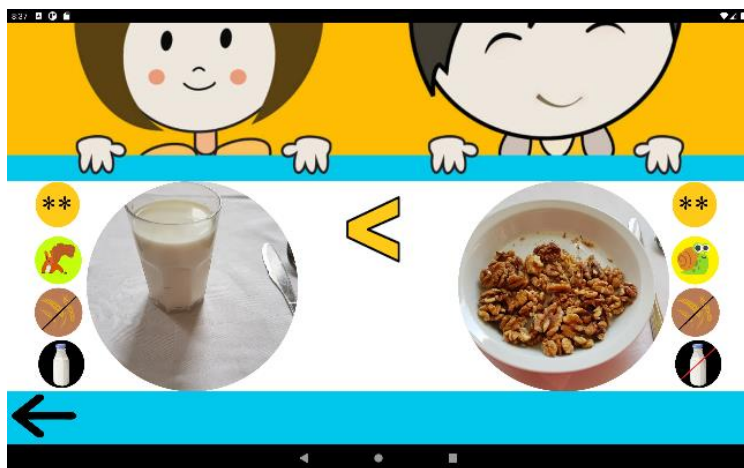


2. ábra: Piaci megosztás százalékban Java és a Kotlin programozási nyelveknek [7]

## Alkalmazás bemutatása

Az alkalmazás körülbelül 20 percben vezet végig egy óvodás korú gyermekeket egy napján. A gyermekeknek a játékban étkezniük kell figyelve a szénhidrát bevitelre, a megfelelő folyadék fogyasztásra, továbbá figyelemztetést kapnak a vércukorszint mérésére és az inzulin beadására. Ezek mellett olyan mindennapi tevékenységek is szerepelnek a játékban, mint például a fogmosás, sportolás és az óvodába járás. Az elkészítés során sok animáció és hangfájl került felhasználásra, így egy karakter vezet végig a felhasználót a teljes napon. A karakter, figyelve a korosztályra minden instrukciót felolvass a felhasználó számára, de emellett a képernyőn

betűnként kiíratásra is kerülnek. A projekten belül további négy különálló játék is megvalósult, amelyek a gyermekek tanítását szolgálják a diabéteszrel kapcsolatban. Egy „igaz/hamis” játék, ahol a gyermekeknek különböző állításokról kell dönteniük. Itt is figyelve a korcsoportra, az állítások nem csak szöveggént jelennek meg, hanem hangfájlok segítségével „felolvasásra” is kerülnek. A „melyik étel tartalmaz több/kevesebb szénhidrátot” nevű játékban relációs jelek segítségével kell kiválasztani ételfotók alapján a megfelelőt. A „rendezd sorrendbe az összetevőket/ételeket” játékban „drag and drop” segítségével kell négy ételt sorba rendezniük, természetesen itt is a szénhidrát tartalmuknak megfelelően. Végezetül a „kapd el az ételt” játékban egy karakter mozgásával kell a fentről lehulló ételeket elkapni. Mindegyik játékhoz, illetve az étkezésekhez is készült egy szerkesztő, ahol a szülőknek lehetőségük van személyre szabni a játékot.



3.ábra: Alkalmazás képernyőképe

## Eredmények






Az alkalmazást System Usability Scale segítségével, 9 felnőtt és 5 gyermek részvételével, továbbá egy szakember bevonásával került tesztelésre. A System Usability Scale egy gyors és megbízható eszköz a rendszerek-szoftverek használhatóságának a mérése. Egy 10 tételes kérdőívből áll, öt válaszlehetőséggel a válaszadók számára; a „teljes mértékben nem ért egyet”-től a „teljes mértékben egyetért”-ig. A kérdőív előnye, hogy még kevés kitöltéssel is, átfogó képet kapunk az alkalmazás működéséről. A System Usability Scale iparági szabvánnyá vált, több mint 1300 cikkben hivatkoznak

rá. Használatának előnyei közé tartozik, hogy nagyon könnyen skálázható, kis résztvevő számmal is használható és megbízható eredményt kapunk. Ezeken felül valid eredménnyel szolgál – hatékonyan tud különbséget tenni használható és használhatatlan rendszerek között [8]. Kettő darab kérdőív készült, egy a gyermekek, egy pedig a felnőttek részére. Mindkettő kérdőív ugyanazokat a kérdéseket tartalmazza, viszont a gyermekek részére könnyebben érthető módon lettek megfogalmazva a kérdések. A kérdőív végső eredménye felnőttek esetén 88 pont lett a 100 pontból, míg gyermekek esetén 94, ami az alkalmazás használhatóságát mutatja.

ID: \_\_\_\_\_ Alkalmazás neve: \_\_\_\_\_ Dátum: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

### System Usability Scale gyermekek részére

**Útmutató:** A következő állításoknál mindegyikénél jelöljön be egy négyzetet, ami a legjobban leírja a mai napon a reakcióját az alkalmazásra.

						
	<i>Teljes mértékben nem ért egyet</i>				<i>Teljes mértékben egyetért</i>	
1. Sokszor szeretném használni ezt az alkalmazást.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2. Az alkalmazás nagyon bonyolult.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

4.ábra: Gyermekek számára készített SUS kérdőív részlet

### Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk Molnár-Nemes Márta dietetikusnak, hasznos tanácsaiért és ötleteiért.

### Hivatkozások

- [1.] Soltész G. Diabetes in the young: a paediatric and epidemiological perspective. Diabetologia. 2003 Apr;46(4):447-54. doi: 10.1007/s00125-003-1101-0. Epub 2003 Apr 11. PMID: 12690439.
- [2.] Barkai L, Kiss Z, Rokszin G, Abonyi-Tóth Z, Jermendy G, Wittmann I, Kempler P. Changes in the incidence and prevalence of type 1 and type 2 diabetes among 2 million children and adolescents in Hungary between 2001 and 2016 - a nationwide population-based study. Arch Med Sci. 2019 Oct 7;16(1):34-41. doi: 10.5114/aoms.2019.88406. PMID: 32051703; PMCID: PMC6963129.
- [3.] Sara Brunetti, Péter Balázs, Péter Bodnár, Judit Szűcs: A Spatial Convexity Descriptor for Object Enlacement. In: International Conference on Discrete Geometry for Computer Imagery (pp. 330-342). Springer, Cham.

- [4.] Mobile Operating System Market Share Worldwide Oct 2021 - Oct 2022, <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide>
- [5.] Android Studio, <https://developer.android.com/studio>
- [6.] Clark S. Lindsey, Johnny S. Tolliver és Thomas Lindbald, JavaTech – An Introduction to Scientific and Technical Computing with Java, 2010
- [7.] Kotlin Vs Java | A Comparison Between Two Powerful Technologies, <https://techaffinity.com/blog/kotlin-vs-java>
- [8.] How To Use The System Usability Scale (SUS) To Evaluate The Usability Of Your Website: <https://usabilitygeek.com/how-to-use-the-system-usability-scale-sus-to-evaluate-the-usability-of-your-website/>

## Ultrahangos képalkotáshoz használható 3D nyomtatott fantomok előállítása és vizsgálata

Faragó-Mészáros Ádám<sup>1</sup>, Égerházi László<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Csongrád-Csanád Megyei Mellkasi Betegségek Szakkórháza,  
[faragomeszarosadam@deszkikorhaz.hu](mailto:faragomeszarosadam@deszkikorhaz.hu)

6772 Deszk, Alkotmány u. 36.

<sup>2</sup>Szegedi Tudományegyetem Szent-Györgyi Albert Orvostudományi Kar,  
Orvosi Fizikai és Orvosi Informatikai Intézet,

[egerhazi.laszlo@med.u-szeged.hu](mailto:egerhazi.laszlo@med.u-szeged.hu)

6720 Szeged, Korányi fasor 9.

**Összefoglaló:** Az elmúlt években számos orvosi képalkotási modalitáshoz fejlesztettek ki 3D nyomtatással előállítható fantomokat, amelyek között az ultrahangos modellek erősen alulreprezentáltak. Ennek a hiánynak a betöltésére dolgoztunk ki egy koncepciót, amellyel elfogadható bekerülési költség mellett, egyszerűen hozzáférhető anyagokból és berendezésekkel készíthetők oktatási célú 3D nyomtatott ultrahangos fantomok. Az alapanyag kiválasztásához *EDAN-U50* típusú ultrahangberendezéssel mértük meg az ultrahang-terjedési sebességét *Z-ABS* anyagban, és megmutattuk, hogy akusztikus ellenállás szempontjából közel vízekvivalens struktúrák készíthetők belőle. *Zortrax M200* 3D nyomtatóval merev falú, üreges fantomokat állítottunk elő ebből az anyagból, amelyekben a mérendő távolságok standardizálhatók, így segítséget nyújtanak az ultrahangos képalkotó diagnosztikában elvárt alapvető készségek elsajátításában. A koncepció alkalmazhatóságának illusztrálásához 3D nyomtatott húgyhólyagmodellt, valamint az ultrahangkészülék felbontóképességének vizsgálatára szolgáló próbatestet terveztünk. Megmutattuk, hogy ugyanebben az elrendezésben a kitöltő folyadék akusztikus ellenállása is mérhető, és modellanyagként glicerín-víz elegyeket használva ultrahangos koncentrációmeghatározásra alkalmas kalibrációs görbét vettünk fel.

### Bevezető

A standardizálható leképezést nyújtó fantomoknak nagy szerep jut az orvosi képalkotó berendezések beállításánál, kalibrálásánál, illetve használatuk elsajátítása során. Ezek előállításánál egyre fontosabb szerepet tölt be a 3D nyomtatás, ugyanis ez az additív technika ideális üreges vagy inhomogén idomok előállítására [1]. Számos képalkotási modalitáshoz elérhető már 3D nyomtatással készült fantomok, azonban az ultrahang-



diagnosztikában használhatók száma a módszer klinikai jelentőségéhez képest alulreprezentált [2]. Ennek fő oka, hogy a nyomtatási alapanyagok többsége (elsősorban a nagyfokú attenuáció miatt) nem ad megfelelő szonográfiai jelet, emiatt sok esetben mindössze öntőformaként használják a 3D nyomtatott elemeket [3].

Projektünk fő célja egy olyan koncepció kidolgozása volt, amellyel egyszerűen hozzáférhető alapanyagokból, költséghatékony módon készíthetők – elsősorban oktatási célú – 3D nyomtatott ultrahangos fantomok. Ehhez célul tűztük ki az ABS (akrilnitril-butadién-sztirol) – mint a 3D nyomtatásban gyakran alkalmazott alapanyag – akusztikus tulajdonságainak vizsgálatát és használhatóságának értékelését. Vizsgálataink keretében azt is bizonyítani kívántuk, hogy az alkalmazott elrendezés felhasználható folyadékok akusztikai tulajdonságainak meghatározására is. A további alkalmazási területek felé kitekintve célunk volt anatómiai struktúrák ultrahangos szimulálására alkalmas 3D nyomtatott idomok, illetve az ultrahangberendezések felbontóképességének vizsgálatára használható próbatestek tervezése is.

## Módszer

A vizsgálatokhoz üreges, folyadékkal megtölthető struktúrákat terveztünk *DesignSpark Mechanical 5.0* szoftverben. Az STL fájlokat a nyomtatáshoz használt *Zortrax M200* 3D szálolvastásos nyomtató szeletelőszoftverében (*Z-Suite*) készítettük elő. Az idomokat 100%-os kitöltés mellett, *Z-ABS* anyagból nyomtattuk, támasztékok használata nélkül, a geometriai méreteiket *EDAN U50* típusú ultrahang-berendezéssel határoztuk meg, géllével vékonyan bevont lineáris transzducert alkalmazva.

Az orvosi ultrahangkészülékek a légyszövetre jellemző 1540 m/s-os átlagos terjedési sebességet feltételezve képezik le a távolságokat [4]. A mért és valós távolságok aránya megegyezik a mindenkori anyagban vett terjedési sebesség és a készülék által feltételezett terjedési sebesség arányával, amiből meghatározható az adott anyagra jellemző ultrahang-terjedési sebesség, ebből pedig a sűrűség ismeretében kiszámítható a közeg akusztikus ellenállása.

A *Z-ABS* anyagú, 3D nyomtatott tömör elemekre jellemző átlagos akusztikus ellenállás méréséhez egy felülről nyitott, 30 mm×30 mm-es négyzet alapú üreges testet terveztünk, amelynek közepében egy kisebb, 15 mm×15 mm×20 mm-es üreges téglatest helyezkedik el (1.a ábra). A központi üreges téglatest négy oldalfala – mint mérendő távolság – különböző

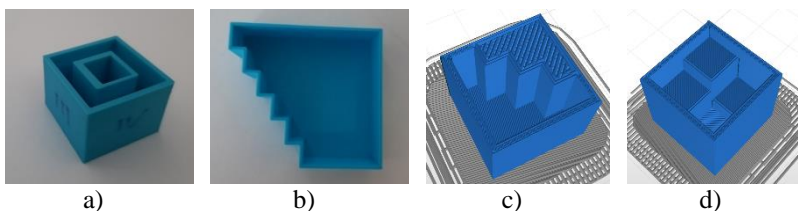
névleges vastagságú (1 mm, 1,5 mm, 2 mm és 2,5 mm). A sűrűséget egyedileg kinyomatott oldalfalakon határoztuk meg.

Folyadékok akusztikus ellenállásának vizsgálatához glicerin és desztillált víz 49,75%, 59,70%, 69,65%, 79,60% és 89,55% koncentrációjú elegyeit választottuk modellanyagként. A méréshez felülről nyitott, lépcsőzetes 3D nyomtatott struktúrát terveztünk, amely 7 lemérhető távolságot tartalmaz (1.b ábra). Ezt a medencét desztillált vízzel, valamint a hígítási sor elemeivel feltöltve az előbbivel analóg módon határozható meg az egyes elegyekre jellemző ultrahang-terjedési sebesség.

Az ultrahangos távolságmérés alapjainak elsajátításához két, 20 mm élhosszúságú kocka alakú, folyadékkal tölthető fantomokat terveztünk. Az egyik kockában lépcsőzetesen elhelyezkedő téglatestek határolnak 4,25 mm, 8,5 mm, 12,75 mm és 17 mm névleges távolságokat a folyadékban (1.c ábra), a második kocka üregében található téglatestek pedig a fedlap felől vizsgálva 3 mm, 6,5 mm, 10 mm és 13,5 mm névleges magasságú vízoszlopokra osztják a belső folyadékteret (1.d ábra).

Az ismertetett koncepció sematikus anatómiai modellek létrehozására is alkalmas: ezt személtetendő készítettünk egy húgyhólyagmodellt, amelynél a desztillált vízzel telt befoglaló testbe szintén vízzel telt, szabályozható teltségű gumiballon helyezhető. Az ultrahangos mérés során oldalról vizsgálódva a szimulált hólyag átmérője határozható meg különböző telítettségi állapotok esetén.

Végül az ultrahangkészülék laterális felbontóképességének vizsgálatához 4 sorban elhelyezkedő, 5–4–3–2–1–0,5 mm átmérőjű hengereket terveztünk egy vízzel feltölthető próbatestbe, amelyek soronként –1/–0,5/0,5/1 mm-re süllyednek be, illetve emelkednek ki. A legkisebb még elkülönülten ábrázolódó henger meghatározásával információt nyerhetünk az egyes mélységekben elérhető laterális felbontóképességről.

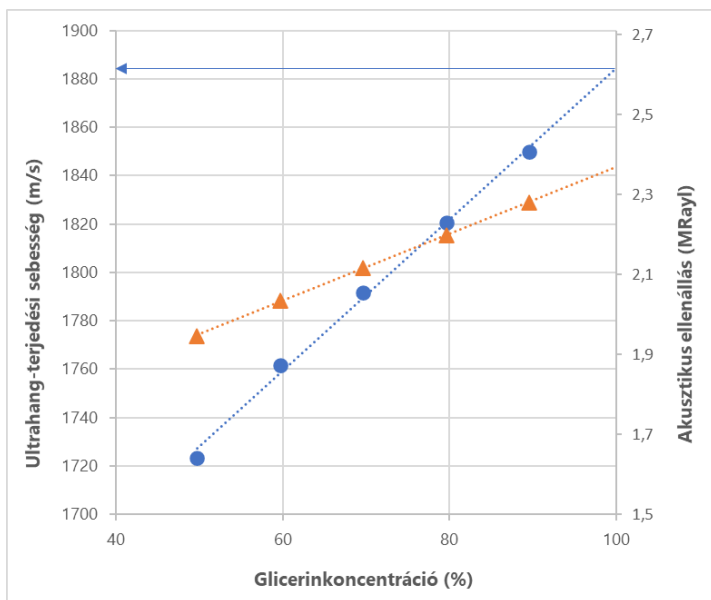


1. ábra: 3D nyomtatási alapanyag (a) és folyadék (b) akusztikus ellenállásának meghatározására alkalmas struktúrák, valamint lépcsőzetesen (c) és dobogószerűen elhelyezkedő (d) téglatesteket tartalmazó oktatási célú fantomok (utóbbiak metszeti ábrázolásban).

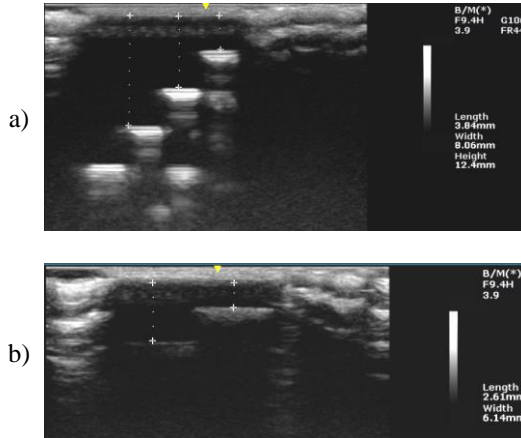
## Eredmények

A mért ultrahang-terjedési sebességekből és a meghatározott sűrűségértékekből a *Z-ABS* átlagos akusztikus ellenállásaként  $1,49 \pm 0,02$  MRayl adódott. A különböző koncentrációjú glicerín-víz elegyek és desztillált víz esetén kapott akusztikus ellenállásokat a 2. ábra szemlélteti. Megfigyelhető, hogy mind a terjedési sebesség, mind az akusztikus ellenállás lineáris koncentrációfüggést mutat. A kalibrációs görbe validálásaképp 100%-os glicerinen extrapoláltuk a 2. ábra két egyenesét. Az így kapott értékek 3%-nál kisebb mértékben térnek el az irodalmi értékektől ( $2,40 \pm 0,04$  MRayl, [4, 5]), jól illusztrálva a mérési technika pontosságát.

A távolságmérésre szolgáló, lépcsőzetesen, illetve dobogószerűen elhelyezkedő téglatesteket tartalmazó fantomok esetén egyaránt megfelelő kontraszttal ábrázolódtak a leképezendő struktúrák (3. ábra), és a mérendő távolságok konzekvens módon, 5%-nál kisebb hibával olvashatók le.



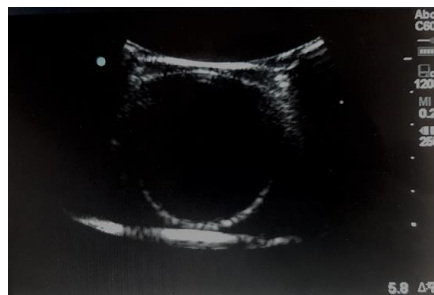
2. ábra: Glicerín-víz elegyek akusztikus tulajdonságainak koncentrációfüggése



3. ábra: Távolságleolvasás a lépcsőzetesen (a), illetve dobogószerűen elhelyezkedő (b) téglatesteket tartalmazó fantomokon.

A sematikus húgyhólyagmodellünkről készült ultrahangfelvételen leolvasható a húgyhólyaggal azonosított gumiballon átmérője különböző teltségi állapotok mellett. A 4. ábrán bemutatott példán a teltség maximális, amelynél az átmérő kb. 45 mm.

A laterális felbontóképesség vizsgálatakor minden esetben az 1 mm átmérőjű henger volt a legkisebb még ábrázolódó struktúra, mérésünk szerint tehát az *EDAN U50* típusú ultrahangberendezésünk laterális felbontóképessége 0,5 mm és 1 mm közöttinek adódott. A felvételek alapján az is megállapítható, hogy a transzducerek síkjában 0,5 mm vagy kisebb a legkisebb ábrázolódó mélységi információ.



4. ábra: Sematikus húgyhólyagmodell ultrahangos felvétele.

## Következtetések

Kidolgoztunk egy ultrahangdiagnosztikához használható, költséghatékony koncepciót, amely kiküszöböli a műanyagokra jellemző nagyfokú attenuációt. Ezzel az alábbi eredményeket értük el.

Megmértük az idomok előállításához használt *Z-ABS* akusztikus impedanciáját, eredményül  $1,49 \pm 0,02$  MRayl adódott, amely közel vízekvivalens. Rámutattunk, hogy a 3D nyomtatásból eredő réteges és hálós szerkezet kellően echodús struktúrák kialakítását teszi lehetővé, miközben a vékony falak belátást engednek a folyadéktöltetű idom belsejébe.

Modellanyagként glicerin hígítási sorát alkalmazva megvizsgáltuk folyadékok akusztikai tulajdonságait, és meghatároztuk a terjedési sebesség, valamint az akusztikus ellenállás koncentrációfüggését. Ez a koncentrációmérési eljárás alkalmazható mikrofluidikai alkalmazásokban, akár spektrofotometriai mérésekre alkalmatlan szintelen folyadékok esetén is.

A távolságmérés és pozíciómeghatározás elsajátítását segítő oktatási fantomokat, továbbá egy sematikus hólyagmodellt is terveztünk, amelyeken 5%-nál kisebb átlagos hibával végezhető mérési gyakorlatok.

Végül egy erre alkalmas próbatesttel meghatároztuk az ultrahangkészülékünk laterális felbontását, amely a 0,5–1 mm-es tartományba esik, ami összhangban van az orvosi ultrahangberendezések szakirodalomban közölt átlagos laterális felbontóképességével [6].

## Hivatkozások

- [1.] R. Tino, A. Yeo, M. Leary, M. Brandt, T. Kron, „A systematic review on 3D-Printed imaging and dosimetry phantoms in radiation therapy”. In *Technology in Cancer Research and Treatment*; 2019, 18, pp. 1–14.
  - [2.] V. Filippou, C. Tsoumpas, „Recent advances on the development of phantoms using 3D printing for imaging with CT, MRI, PET, SPECT, and ultrasound”. In *Medical Physics*, 2018, 45(9), e740–e760.
  - [3.] K. Nattagh et al.: „A training phantom for ultrasound-guided needle insertion and suturing.” In *Brachytherapy*, 2014, 13(4), 413–419.
  - [4.] Jobbágy Á., Varaga S.: Orvosbiológiai mérés technika, Typotex Kiadó, Budapest, 2013.
  - [5.] X. Yang, Y. Liu, D. Zhu, R. Shi, Q. Luo: „Dynamic monitoring of optical clearing of skin using photoacoustic microscopy and ultrasonography”. In *Optics Express*, 2014, 22(1), 1094.
  - [6.] H. Antlinger et al.: „Sensing the characteristic acoustic impedance of a fluid utilizing acoustic pressure waves”. In *Sensors and Actuators, A: Physical*, 2012, 186, 94–99.
  - [7.] J. A. Jensen: „Medical ultrasound imaging”. In: *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 2007, 93(1–3), 153–165.
-

## **3D nyomtatott tracheamodell fejlesztése légzésmechanikai vizsgálatokhoz**

Baumgärtner Margaréta<sup>1,2</sup>, Fodor Gergely<sup>1</sup>, Márki Árpád<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>SZTE SZAOK Orvosi Fizikai és Orvosi Informatikai Intézet,  
fodor.gergely@med.u-szeged.hu  
6720 Szeged, Korányi fasor 9.

<sup>2</sup>SZTE TTIK molekuláris bionika mérnök BSc IV. évfolyam,  
baumgartnermargareta@gmail.com

<sup>3</sup>SZTE IKIKK 3D Központ, marki.arpad@med.u-szeged.hu  
6720 Szeged, Tisza Lajos krt. 107.

**Összefoglaló:** Állandó paramétereiknek köszönhetően a 3D nyomtatott modellek orvosi mérések során könnyen alkalmazhatóak kontrollként. Kutatásunk tárgya egy ilyen, kontrollként is használható légsőmodell tervezése és előállítása volt. A modellt a porcos szelvényeknek megfelelő egységekből építettük fel, az anatómiai hűség érdekében méreteit irodalmi adatok alapján meghatározva. Az optimális falvastagság megállapításához textúraprofil-analízist végeztünk általunk tervezett és 3D nyomtatott különböző falvastagságú hengereken, illetve sertéstracheán. Az áramlási paraméterek mérése kényszerített oszcillációs technikával történt. A vizsgált tulajdonságokban az általunk tervezett modell az élő szövet jól közelítette.

### **Bevezetés**

A légzési rendellenességek pontos diagnosztikájához és ellátásához kulcsfontosságú a légzésmechanika teljes körű megértése. Ez különböző műszeres eljárásokkal kivitelezhető, a légzőrendszer azonban dinamikusan változik, így az állandó, ismert paraméterekkel rendelkező fantomok segítségével lehetővé válik a műszerek standard körülmények között történő kalibrálása, validálása és az áramlási paraméterek számítógépes szimulációja.

Egy, az élő szövet megfelelően reprezentáló modell megalkotásához alapvető fontosságú az adott szerv anatómiájának, morfológiájának és mechanikájának pontos ismerete. A trachea (légső) a légzőrendszer gégét és főhörgőket összekötő szakasza. Egy rugalmas kötőszövetből álló rostos membránba ágyazott csőnek tekinthető, melyet körülbelül 20 darab, C alakú hialinporc gyűrű alkot. Ezek a posterior oldal felé nyitottak, ahol kötőszövet található. A tracheát alkotó szövettípusok mechanikai viselkedése nagymértékben eltér, azonban minden komponens rugalmasnak tekinthető.

Ezeket a tulajdonságokat közelítő fantom készítése hagyományos gyártási eljárásokkal nem minden esetben triviális, és olykor magas költségekkel jár. Az utóbbi évtizedben az egyre szélesebb körben alkalmazott 3D nyomtatás optimális megoldást jelenthet geometriában és mechanikai sajátságokban egyedi modellek előállítására. Munkánk során a sztereolitográfias 3D nyomtatási technológiát alkalmaztuk, amellyel folyékony gyantából UV-fény hatására rétegről rétegre építkezve szilárd testek építhetők [1].

### **Célkitűzés**

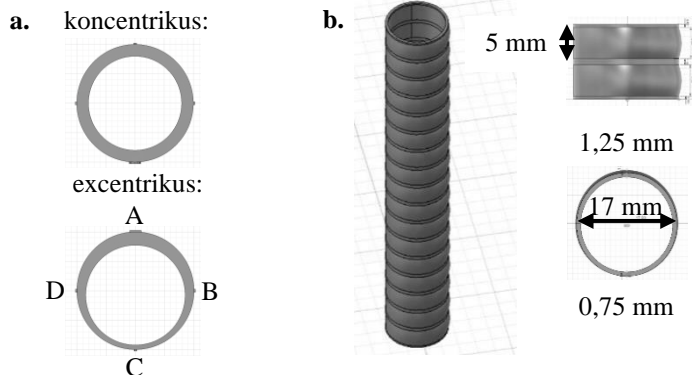
Célunk olyan 3D nyomtatott tracheamodell létrehozása volt, mely szerkezetében és mechanikai tulajdonságaiban az élő szövet közelíti. Általa az egyedi eltérésekből származó hibák csökkenthetőek, így különböző légzésmechanikai mérőeszközök kalibrálása standard körülmények között lesz elvégezhető. További célunk, hogy a modell felhasználható legyen a jövőben számítógépes szimulációk kontrolljaként is.

### **Módszerek**

#### ***3D tervezés és nyomtatás***

Különböző falvastagságú koncentrikus és excentrikus hengereket készítettünk 20 mm külső átmérő és 90 mm hossz mellett, mechanikai tulajdonságaik falvastagságtól való függésének meghatározására. A két hengertípus keresztmetszetét az 1.a ábra szemlélteti. A 3D tervezés az Autodesk Fusion 360 (San Rafael, CA, USA) szoftver használatával történt. A mérési eredmények ismeretében lehetővé vált egy, a légső mechanikáját pontosabban közelítő modell tervezése. Az anatómiai hűség érdekében ez porcos szelvényeknek megfelelő egységekből épül fel, dimenzióit az 1.b ábra szemlélteti.

A 3D nyomtatás a sztereolitográfias elven működő Formlabs Form3 (Somerville, MA USA) nyomtatóval történt, alapanyagként a gyártó Flexible típusú, 80A keménységű rugalmas műgyantáját alkalmazva. A nyomtatást követően a testeket kétszer 10 percig izopropil-alkoholban (Molar Chemicals Kft., Halásztelek, Magyarország) mostuk, majd 10 percig 60 °C-on UV fényvel véglegesítettük a polimerizációt.



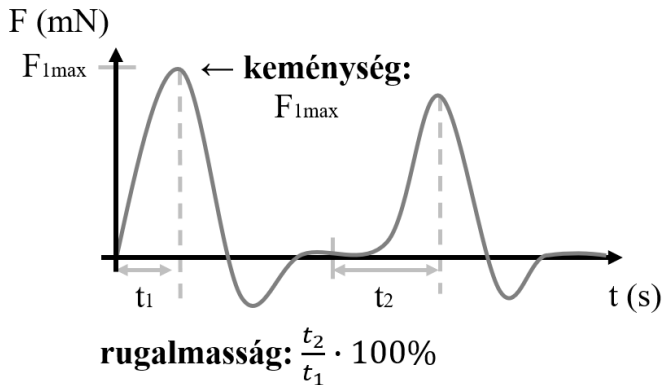
8. ábra: a. Koncentrikus és excentrikus hengerek keresztmetszeti képe és a mérési pozíciók, b. A tracheamodell 3D terve

### *Textúraprofil-analízis*

A hengerek és a modell rugalmasságának és keménységének meghatározását a CT3 Texture Analyzer műszerrel (AMETEK Brookfield Inc., USA) végeztük, kontrollként két sertéstracheát alkalmaztunk (hím, testtömegük 80-90 kg). A mérések lekerekített végű mérőfejjel (8 mm átmérő) történtek, összesen 16 darab pontban minden testen. A hengerek külső palástján 90°-onként kijelöltünk 4-4 pozíciót, amelyeket betűvel jelöltünk (**A**, **B**, **C**, **D**, 1.a ábra). Az **A** pozíció excentrikus hengereken a legvastagabb, trachea esetén az anterior oldalt, a **C** pozíció pedig a legvékonyabb falat és a posterior oldalt jelölte. Minden pozícióban négy pontban mértünk. A tracheamodell **A** pozíciójában, ahol a szelvényezettség a legnagyobb mértékű, a porcokat reprezentáló szelvények legvastagabb (1,25 mm) pontjaiban és az ezeket összekötő legvékonyabb (0,75 mm) pontokban végeztük a méréseket.

A mérés során a mérőfej állandó sebességgel (0,5 mm/s) 3 mm távolságban benyomta a mintát, miközben a rá ható erőket folyamatosan regisztrálta. Egy mérés két ciklusból állt, az eredményként kapott erő-idő görbéről a mechanikai paramétereket (keménység, rugalmasság) Szczesniak [2] szerint határoztuk meg: a keménység a maximális benyomáshoz szükséges erő nagysága, a rugalmasság a deformáció után történő regenerálódás mértéke (2. ábra).





9. ábra: Az erő-idő görbéről meghatározott mechanikai paraméterek

### ***Kényszerített oszcilláció***

A tracheamodell áramlási paramétereit kényszerített oszcillációval mértük. A technikával meghatározható a vizsgált objektum vagy alany légzőrendszeri impedanciája, amely komplex mennyiség. Valós része a rezisztencia, ebből határozható meg az áramlási ellenállás, képzetes része a reaktancia, amely a szövetek rugalmasságával, illetve az áramló levegő tehetetlenségével kapcsolatos. Az esetleges áramlási nemlinearítások (turbulens áramlás) felderítésére négy erősödő amplitúdón végeztük el a kísérletet a humán mérésekhez alkalmazott frekvenciatartományban (4-30 Hz). A mérési elrendezésben az ismert külső gerjesztő nyomáshullámot kibocsátó hangszórót és a tracheamodellt egy ismert paraméterekkel rendelkező hullámcső kötötte össze, amelynek a két végén elhelyezett identikus nyomásmérők (Honeywell Differential Pressure Sensor model 24PCEFA6D; Honeywell, Charlotte, NC, USA) digitalizált jelének (NI-6211-USB, National Instruments, Austin, TX, USA) spektrális analízisével nyomásesésből meghatározhatóak a keresett mennyiségek.

### ***Statistikai elemzés***

Az adatok statisztikai elemzése kétmintás t-próbával, valamint Pearson-féle korrelációvizsgálattal történt. A normalitás ellenőrzésére Shapiro-Wilk-próbát végeztünk.

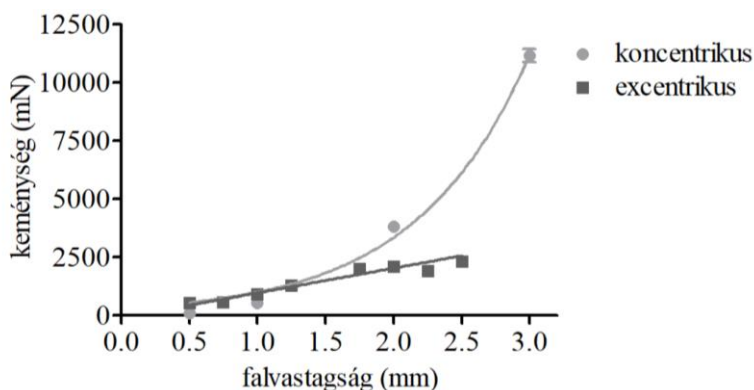
## Eredmények

### *Hengerek keménysége*

A koncentrikus hengerek keménysége a falvastagságnak exponenciális, az excentrikusaké pedig lineáris függvénye (3. ábra). Az eltérés azzal magyarázható, hogy az adott pozícióban mért keménységet a henger többi pozíciójának falvastagsága is befolyásolja. Mivel a koncentrikus hengerek szélső és a két középső mérési pontjában mért keménység szignifikánsan eltér ( $p < 0,01$ ), ezért eredményeinkben csak a középső pontok keménységeit vettük figyelembe.

### *Sertéstrachea és tracheamodell keménysége*

A sertéstrachea, illetve a hengerek keménységeinek ismeretében a tracheamodell falvastagságát a posterior oldalon 0,75 mm-nek, az anterior oldalon 1,25 mm-nek választottuk. A keménység mérésének eredményeit az 1. táblázat tartalmazza. Ezeket összevetve látható, hogy a sertéstrachea és a tracheamodell értékei a porcos pozíciókban (**A**, **B**, **D**) jól közelítik egymást, tehát a falvastagság megválasztása helyes volt. A **C** pozícióban (a trachea kötőszövetes régiója) azonban a modell keménysége szignifikánsan nagyobb ( $p < 0,001$ ), mint az állati szöveten meghatározott érték.



10. ábra: A koncentrikus és excentrikus hengerek keménysége a falvastagság függvényében

pozíció	keménység (mN)	
	tracheamodell	sertétrachea
A	680,3±28,8	710,0±87,3
B	522,3±36,2	645,7±16,1*
C	466,0±13,7	228,7±31,3***
D	575,0±12,1	583,7

3. táblázat: Tracheamodell és sertétrachea keménysége

\*:  $p < 0,05$ , \*\*\*:  $p < 0,001$  a tracheamodell azonos pozíciójához képest

Véleményünk szerint az észlelt szignifikáns eltérés a modell alkalmazhatóságát nem befolyásolja. Méréseink alapján a C pozícióban 0,50 mm falvastagságot tartanánk megfelelőnek, viszont 0,75 mm-nél vékonyabb hengerfelület jó minőségű előállítását a 3D nyomtató technikai korlátai miatt nem tudtuk megvalósítani. A tracheamodell A pozíciójában a porcokat reprezentáló szelvények legvastagabb pontjaiban (683,3±9,9 mN), illetve a két szelvény közötti vékonyabb pontokban (677,4±10,6 mN) mért keménység között nincs jelentős eltérés ( $p \geq 0,05$ ).

### **Rugalmasság**

A falvastagság, a pozíció és a mérési pont helyzete a rugalmasságot nem befolyásolja ( $p = 0,63$ ), annak értéke az adott anyagra jellemző. A modell mért rugalmassága 96,0±1,6%, a sertétracheaé 88,7±4,1%. Habár a két érték különbsége statisztikailag szignifikáns ( $p < 0,001$ ), klinikailag ez az eltérés nem releváns.

### **Kényszerített oszcilláció**

A kényszerített oszcillációs mérés során megállapítottuk, hogy a négy, növekvő amplitúdón mért áramlási ellenállás értéke nem különbözik szignifikánsan ( $p \geq 0,05$ ). Tehát a vizsgált tartományban, a humán tracheához hasonlóan, a modellben az áramlás lamináris. A tracheamodell áramlási ellenállásának az impedanciaspektrumról 4 Hz-en leolvasott értéke 41,1±8,6 H<sub>2</sub>Ocm·s/ml. Ez a Jiang [3] által meghatározott 7,9 H<sub>2</sub>Ocm·s/ml-rel összemérhető tartományba esik, eltérésük a mért minták dimenzióinak eltéréseivel jelentős mértékben magyarázható.

### **Következtetések**

#### ***3D nyomtatott üreges testek mechanikai tulajdonságai***

Változó falvastagságú hengeres testek tervezése során figyelembe kell venni, hogy a keménységet az anyagi minőségen túl az összes pozíció falvastagsága együttesen határozza meg. A testen belül a vastagságkülönbségek mértékétől függően a keménység és a falvastagság

közötti összefüggés változik, ez az optimális falvastagság meghatározása során nehézséget okozhat. Megállapítottuk, hogy a modellek rugalmassága a falvastagság változtatásával nem befolyásolható, optimalizálása a megfelelő alapanyag megválasztásával érhető el.

### ***Tracheamodell előállítás***

Az elkészített tracheamodell az anatómiai viszonyokat jól közelíti, végső geometriája (szelvényes felépítés, változó falvastagság: anterior: 1,25 mm, posterior: 0,75 mm) megfelelőnek bizonyult, mivel keménysége a kontroll értékeket (sertétrachea) jól közelíti. A felhasznált műgyanta rugalmassága az élő szövetekkel nagyjárendőleg azonos. A modell áramlási ellenállása is összemérhető a biológiai mintával, hosszának és belső átmérőjének finomításával a humán értékekhez tovább közelíthető.

### **Összegzés**

Sikeresen előállítottunk egy olyan tracheamodellt, amely mechanikai tulajdonságaiban és áramlási paramétereiben nagymértékben megfeleltethető a sertés, illetve a humán légcsőnek, ezáltal az általunk kitűzött célokra alkalmazható. További finomítását követően standardként szolgálhat számítógépes szimulációk, például végeelem-analízis ellenőrzésére.

### **Köszönetnyilvánítás**

Szeretnénk köszönetet mondani Jójárt Balázsnak és Németh Lukácsnak a textúraprofil-analízisben nyújtott segítségükért, valamint Cseh Martinnak, amiért a 3D nyomtatás kivitelezésében közreműködött. Köszönet illeti Kaszaki Józsefet, amiért a sertétracheákat rendelkezésünkre bocsájtotta.

### **Hivatkozások**

- [1.] C. W. Hull, „Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography”, 4575330, 1986. március 11. Elérés: 2022. november 13. [Online]. Elérhető: <https://www.freepatentsonline.com/4575330.html>
- [2.] A. S. Szczeniak, „Classification of Textural Characteristics”, *Journal of Food Science*, köt. 28, sz. 4, o. 385–389, 1963, doi: 10.1111/j.1365-2621.1963.tb00215.x.
- [3.] T. X. Jiang, M. Cauberghe, és K. P. Van de Woestijne, „Resistance and reactance of the excised human larynx, trachea, and main bronchi”, *J Appl Physiol (1985)*, köt. 63, sz. 5, o. 1788–1795, 1987, doi: 10.1152/jappl.1987.63.5.1788.

## Betegfolyam szimuláció kórházi folyamatok modellezésére és optimalizálásra

Szabó Zoltán<sup>1</sup>, Hompóth Emőke Adrienn<sup>2</sup>, Bilicki Vilmos<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Szegedi Tudományegyetem, Szoftverfejlesztés Tanszék, [szaboz@inf.u-szeged.hu](mailto:szaboz@inf.u-szeged.hu), 6720, Szeged, Dugonics tér 13.

<sup>2</sup>Szegedi Tudományegyetem, Szoftverfejlesztés Tanszék, [hompthemoke@gmail.com](mailto:hompthemoke@gmail.com), 6720, Szeged, Dugonics tér 13.

<sup>3</sup>Szegedi Tudományegyetem, Szoftverfejlesztés Tanszék, [bilickiv@inf.u-szeged.hu](mailto:bilickiv@inf.u-szeged.hu), 6720, Szeged, Dugonics tér 13.

**Összefoglaló:** A Patient Flow, avagy betegfolyam szimuláció az egyik legrégebbi eHealth technológia, melynek célja a kórházak működésének, illetve a betegellátási folyamatok viselkedésének szimulációja, az esetleges problémák azonosítása, illetve elhárítása, valamint az optimalizáció a betegelégedettség, tehermentesítés, költséghatékonyság és teljesítmény szempontjából. Az évek során számtalan különböző területen és célokra használták fel a szimulációt, azonban a jelentősége a többszörösére fokozódott a koronavírus (COVID-19) járvány alatt, melynek során olyan metrikák, mint a kötelező távolságtartás, a kórház területén tartózkodók létszámának redukálása, a kötelező fertőtlenítési procedúrák, lényegesen új kihívások elé állították az ellátási rendszert. Saját csapatunk Patient Flow szimulációs megoldását kifejezetten olyan esetekre alakítottuk ki, ahol kritikus tényezők mellett kell megfigyelnünk, hogyan lehet a vizsgálati helységek, személyzet, felszereltség befolyásolása révén elérni a magas áteresztőképességet, a COVID-hoz fűződő járvány egészségügyi korlátozások szigorú betartatása mellett. Szimulációnk jelen változatában egy valós adatok által inspirált Sürgősségi Betegellátó Osztályt monitoroztunk, ennek eredményeit mutatjuk be cikkünkben.

### Bevezető

Hiv.[1] Patient Flow, avagy betegfolyam alatt a szakirodalom azt az időablakot definiálja, amely egy páciens egészségügyi ellátórendszerbe történő eseti felvételével indul, és távozásával végződik, magába foglalja a különböző vizsgálatok, várakozások, illetve az esetleges hospitalizáció teljes időtartamát is. Hiv.[2] A betegellátási folyamat monitorozásának és javításának kulcsfontosságú részeként a digitális mérésre és szimulálására már 1991-ben sor került a Patient Flow Analysis (PFA) rendszer formájában.

Ez többek között lehetővé tette, hogy a kutatók és elemzők megfigyeljék és dokumentálják a kórházi osztályok eszközeinek és dolgozóinak terheltségét, azonosítsák a betegellátási folyamatot esetlegesen lassító tényezőket, megállapíthassák a betegfolyam különböző időbeliségen alapuló trendjeit, befolyásoló tényezőit az output adatok grafikai reprezentációja, aggregálása mellett.

Az azóta eltelt évek során a PFA-nak számos kihívója és utódja akadt, melyek a betegfolyam, illetve az ellátórendszer különböző elemeire, metrikáira és ezek optimalizálása koncentráltak. Kutatócsoportunk célja egy saját, teljes mértékben testreszabható, mérési metrikák széleskörű gyűjtését lehetővé tevő szimuláció keretrendszer fejlesztése volt. Ennek megalkotása magába foglalta mind a modellezési eszközök kiválasztását, mind a szimulációs eszköztár kidolgozását, lehetőség szerint széles körben hozzáférhető, nyílt forráskódú eszközökből. Az eszköz így elvben lehetővé tenné a kórházi folyamatok vizsgálatát, megértését, illetve annak becslését is, hogy hogyan hatna rá egy váratlan, kritikus szituáció, illetve hogyan készíthető fel a leghatékonyabban egy ilyen eset megfelelő kezelésére.

### **State of the Art**

Felhasználás tekintetében a betegfolyamot számos optimalizációs és vizsgálati domainen belül használták már fel, a használata azonban új lendületet kapott a koronavírus járvány hatására, abból a szempontból, hogy a kórházak a jövőben felkészültebbek lehessenek egy potenciális pandémiára, illetve annak bekövetkezése esetén kész scenáriók és tervek álljanak rendelkezésre a működés és az ellátás átszervezéséhez. Így csökkenhet a fertőzés kockázata és mind a fertőzöttek, mind a sürgősebb eseti ellátások teljesítése optimális módon és időtartamon belül történhet meg. Hiv.[3] Currie és társai például tanulmányukban kihangsúlyozták a szimulációs eszközök szükségességét olyan döntési területeken, mint például a karanténzási és izolációs stratégiák kidolgozása, szociális távolságtartási szabályok meghozása, oltások ütemezése és prioritizálása, illetve kórházi erőforrások megfelelő elosztása.

A betegfolyam vizsgálata során számos különböző metrikát szoktak vizsgálni optimalizálás céljából. Hiv.[4, 5] A leggyakoribbak ezek közül: a *betegágy kihasználtsági arány*, melynek optimális esetben 85-92% körül kellene lennie; az *ágy átadási idő*; a *távozó és érkező páciensek aránya*; *peak occupancy*, avagy a betegágyak kihasználtsági arányának csúcsa; *peak flow*, mely alatt a legtöbb egyidejű aktív betegfolyamot értjük; illetve a négy órás standard betartási aránya, mely alatt azt az elvet értjük, miszerint a

---

betegfolyam maximális megengedhető időtartama alapesetben, az esetleges hospitalizáció, illetve más osztályra történő átszállítást nem számolva, normál esetben maximum négy órát szabad csak, hogy kitöltsön. További gyakori mérőszámok még a páciensek más osztályra történő átirányításával kapcsolatosak, mint például a *teljes átadás időtartama*, előkészítése, az *előkészítés során lezajlott üzenetváltások*, illetve telefonhívások száma; az *ellátásig várakozással töltött idő* aránya a teljes betegfolyamon belül; az önállóan távozó, illetve a kezelést követően meghatározott, rövid időtartam elteltével *visszatérő páciensek száma*. Hiv.[6] A vizsgált metrikák kiválasztásában kutatócsoportunk Prof. Jose L. Jimenez és Dr. Zhe Peng munkásságára épített, akik publikációikban különböző számítási eszközöket biztosítottak a koronavírus zárt térben történő terjedési valószínűségeinek számítására, és ezek redukálására a távolságtartás, az egy termen belül egyszerre tartózkodó páciensek számának csökkentése és a megfelelő szellőztetés fényében.

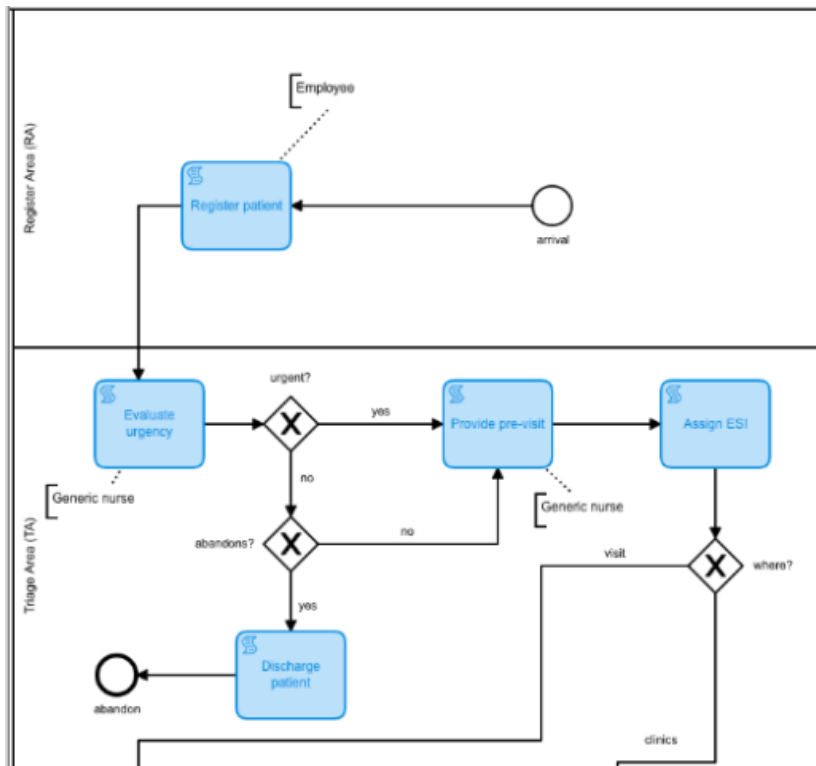
Hiv.[7, 8] A jelenleg elérhető szimulációs megoldások tekintetében Tavakoli és társai, illetve Terning és társai két, a miénkhez hasonló szimulátor kidolgozását kezdték meg, kifejezetten a koronavírus hatásaira fókuszáltnak, bár az előbbi által használt jelölések és metrikák nem feltétlenül illeszthetőek a magyar kórházi rendszerre, utóbbi pedig még viszonylag kezdetleges, ám a szimuláció validálását illetően számos technikát és formulát biztosít. Hiv.[9] Bár önálló szimulációs eszközt nem fejlesztettek, kutatócsoportunk számára a legjelentősebb cikknek Leva és Sulis 2017-es munkája bizonyult, melyben egy olasz kórház SBO-jának modellezését és szimulációját mutatták be minta adatokkal és eredményekkel olyan formátumban, hogy azt viszonylag gyorsan átültethettük a saját eszközeinkre és a magyar kórházi rendszerhez igazíthattuk. Ez alapján mértük fel mind a szimuláció definiálásához szükséges igényeket, mind a kiinduláshoz szükséges paramétereket, változókat, és definiáltuk az elvárt eredményeket is.

## **Módszer**

Keretrendszerünk kidolgozásával két fő célunk volt, ezek közül az egyik a széleskörű konfigurálhatóság, mely magába foglalja a mérési metrikák tetszőleges bővítését (melyre a rendszer fejlesztése és tesztelése során egyébként nem egy alkalommal szükségünk is volt), illetve a könnyű, vizuális tervezés lehetőségét, hogy más kutatókkal együttműködve az új szimulációk tervezésének, előkészítésének semmiképp se legyen feltétele a programozói tudás.

---

Hiv.[10] a keretrendszerünk alkotóeleme így a nyílt forráskódú Camunda modellező eszköz lett, amely egy nagyon egyszerű, érthető vizuális formában képes komplex üzleti, illetve folyamatmodelleket előállítani. Ezek exportálási formátuma az XML-re épülő Business Process Model and Notation (BPMN), melyet egyszerű XML olvasóktól kifejezetten BPMN-re előkészített modulokig számtalan eszközzel lehetséges szoftveresen értelmezni, feldolgozni, futtathatóvá tenni. Hiv.[11] Az eszköz, mely a mi esetünkben ez alapján megvalósítja a tényleges futtatást, a Python SpiffWorkflow csomagja, mely a Camunda BPMN-jét is képes feldolgozni és használni.



1.sz- ábra

Az 1-es számú ábrán látható egy rövid részlet a Camunda segítségével definiált modellből, mely Leva és Sulis cikke alapján valósítja meg a regisztráció és triázolás folyamatait. A példa remekül reprezentálja a



Camunda és a SpiffWorkflow kombinációjában rejlt potenciált is. Bár számos különböző eseménytípust, döntési pontot és állapotot definiálhatunk a széles eszköztárral, egy SBO modellezéséhez elegendőnek bizonyult mindössze a szimuláció kezdetét és befejezését jelképező állapotok, a döntési elágazások és a scriptelhető taskok felhasználása olyan módon, hogy magát a folyamatmodellt bármiféle programozói végzettség nélkül is elő lehet állítani.

A SpiffWorkflow egy ilyen létrehozott bpmn fájl betöltését követően abból futtatható példányokat hoz létre, melyek megpróbálják végigjárni a teljes modellt a kezdő állapottól egészen az egyik végállapotig. A párhuzamosan, egy időben futó szimulációs szálak azonban egy közös erőforrás halmazon osztoznak, mely tartalmaz minden olyan szimulációs elemet – első körben a kórházi dolgozókat, orvosokat, nővéreket – amelyekből szemaforos foglalási eljárás segítségével az adott szálnak megadott helyzetekben le kell foglalnia, majd el kell engednie egy-egy példányt. Az ilyen foglalások valósulnak meg a Camunda modell script taskjaiban, melyek jellemzően egy-egy Python funkción keresztül tesznek kísérletet egy ilyen foglalásra – vagy várakoznak, amíg erre nem nyílik lehetőség. A szimuláció természetesen figyelembe veszi a triázolási szintet is, az minél súlyosabb, az adott páciens annál nagyobb prioritást élvez az ilyen foglalásoknál, és a folyamatábra egyes részein annál gyorsabban halad át.

Hiv.[12] A szimuláció paramérezhetőségének kidolgozásában Leva és Sulis eredményei mellett nagy szerepet játszott Varga Csaba és társai szintén 2017-es cikke, melyben a Somogy Megyei Kaposi Mór Oktató Kórház betegforgalmi adatait publikálták. A szimuláció első formájában az állítható paraméterek: a betegek érkezési sűrűsége/eloszlása, az SBO-n a különböző dolgozók (orvos, nővér stb.) létszáma, illetve az egyes vizsgálatok, események triázs szint szerinti minimális és maximális átfutási ideje. Az eredmény tartalmazza minden szimuláció esetében a bejárt utat, a várakozási, átfutási időtartamokat, az elért végállapotot, illetve az egyes állomásokon az egy időben várakozó legtöbb páciens és leghosszabb várakozási időket. A paraméterek, illetve a szimulációból begyűjtött eredmények típusa és száma természetesen a saját keretrendszernek köszönhetően testreszabhatóak, tetszőlegesen bővíthetőek – jelenleg kísérletezünk például a kórtermi férőhelyek és korlátozott számú vizsgálati eszközök bevonásával. Ezek alapján megkezdjük a különböző vizsgálati scenáriók tervezését erre a kezdetleges modellre, megvizsgálva, hogy különböző, kritikus körülmények, mint például egy ponton a sürgősebb ellátást igénylő páciensek váratlan, tömeges érkezése, a csökkentett, illetve megnövelt dolgozói létszám milyen hatással

---

lehetnek az osztály működésére, és azokat hogyan lehet például erőforrások növelésével vagy átcsoportosításával menedzselni.

## **Összefoglaló**

Jelenleg is folyamatban van a szimulációk futtatása, pontosítása, illetve az olyan metrikák gyűjtése és pontosítása, amelyek kifejezetten a koronavírussal kapcsolatos szabályozások betartását, illetve azok konfigurálhatóságát célozzák. Ennek egy fontos részét képezi, hogy jelenleg keresünk partnert is olyan orvosi kutatócsoport formájában, akik a megfelelő etikai engedélyek birtokában segítenék a szimulációnk pontosításában valós, az utóbbi évekből, lehetőség szerint a 2019-es, 2020-as és 2021-es évekre vonatkozó SBO adatokkal, amelyek alapján előbb validálnánk a szimulációnk pontosságát, majd elkezdhetnénk konkrét kritikus problémák elemzését a segítségével. Célunk, hogy ezek révén, illetve a szimuláció részletességének növelésével, az még hatékonyabbá, éles helyzetekben is felhasználható, magas szintű döntéstámogató eszközzé válhasson, kiemelt gyakorlati és elméleti, kutatói értékkel a kórházi folyamatok megértése, elemzése és javítása érdekében.

## **Köszönetnyilvánítás**

A kutatást az EU által finanszírozott GINOP-2.2.1-15-2017-00073 számú magyarországi ösztöndíj támogatta; projekt sz. TKP2021-NVA-09 projekt a minisztérium támogatásával valósult meg. Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból, a TKP2021-NVA támogatási rendszer keretében finanszírozott; a projekt száma: TÁMOP2021-NVA. II-NKFIH-1528-1/2021 projekt a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból a Nemzeti Innovációs és Technológiai Minisztérium támogatásával, a II-NKFIH-1528-1 támogatási program keretében finanszírozott II-NKFIH-1528-1 projekt keretében valósult meg. A kutatást az Innovációs és Technológiai Minisztérium NKFI Hivatala is támogatta a Mesterséges Intelligencia Nemzeti Laboratóriumi Program keretében (RRF-2.3.1-21-2022-00004).

## **Hivatkozások**

- [1.] What Is Patient Flow? — [catalyst.nejm.org](https://catalyst.nejm.org/doi/full/10.1056/CAT.18.0289). <https://catalyst.nejm.org/doi/full/10.1056/CAT.18.0289>. [Accessed 29-Sep-2022].
- [2.] Patient flow analysis: an overview of national and international application., World Health Organization (WHO) (1991)
- [3.] Currie, Christine SM, Fowler, John W, Kotiadis, Kathy, Monks, Thomas, Onggo, Bhakti Stephan, Robertson, Duncan A, and Tako, Antuella A. How simulation modelling can help reduce the impact of covid-19. *Journal of Simulation*, 14(2):83–97, 2020.

- [4.] Karakusevic, S. (2016). Understanding patient flow in hospitals. Nuffield Trust. [https://www.abhi.org.uk/media/1215/understanding\\_patient\\_flow\\_in\\_hospitals-nuffield-trust.pdf](https://www.abhi.org.uk/media/1215/understanding_patient_flow_in_hospitals-nuffield-trust.pdf)
- [5.] He, L., Madathil, S.C., Oberoi, A., Servis, G. and Khasawneh, M. T. (2019). A systematic review of research design and modeling techniques in inpatient bed management. *Computers Industrial Engineering*, 127, 451-466.
- [6.] Jimenez, Jose L. and Peng, Zhe. Covid-19 airborne transmission tool available, Nov 2020 <https://cires.colorado.edu/news/covid-19-airborne-transmission-tool-available>
- [7.] Tavakoli, Mahdieh, Tavakkoli-Moghaddam, Reza, Mesbahi, Reza, Ghanavati-Nejad, Mohssen, and Tajally, Amirreza. Simulation of the covid-19 patient flow and investigation of the future patient arrival using a time-series prediction model: a real-case study. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 60(4):969–990, 2022.
- [8.] Terning, Gaute, Brun, Eric Christian, and El-Thalji, Idriss. Modeling patient flow in an emergency department under covid-19 pandemic conditions: A hybrid modeling approach. In *Healthcare*, volume 10, page 840. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 2022.
- [9.] Leva, Di, and Emilio Sulis. "A business process methodology to investigate organization management: A hospital case study." (2017): 100-109.
- [10.] Camunda Modeler, utolsó megnyitás: 2022/10/20 <https://camunda.com/products/camunda-platform/modeler/>
- [11.] SpiffWorkflow Official Documentation, utolsó megnyitás 2022/10/20 <https://spiffworkflow.readthedocs.io/en/latest/>
- [12.] Varga, Csaba, Lelovics, Zsuzsanna, Soós, Viktor, and Oláh, Tibor. Betegforgalmi trendek multidiszciplináris sürgősségi osztályon. *Orvosi Hetilap*, 158(21):811–822, 2017.

## **A Prosthetic Hand Controlling using Deep Learning- Computer Vision Approach and EMG Signals**

Mohamed F.Issa<sup>1</sup>, Mohamed Mohsen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Scientific Computing, mohamed.issa@fci.bu.edu.eg  
Faculty of Artificial Intelligence, Benha University, 13518, Bneha, Egypt

<sup>2</sup>Department of Medical Informatics, mohamed187123@fci.bu.edu.eg  
Faculty of Artificial Intelligence, Benha University, 13518, Bneha, Egypt

***Abstract:*** Every year, many people lose one or both limbs as a result of accidents, cancer, a stroke, or as a result of congenital anomalies. Even though prosthesis technology has gotten more sophisticated, amputees may still experience major difficulties when using them. This proposed work aims to build and design a prosthetic using 3D printing techniques which can be controlled using an electromyography (EMG) signal, so it simulates the natural hand almost in its movement, size, and dimensions to make disabled people's lives better. A Deep Learning Model (DLM) is built to identify the movement from the recorded EMG signals in real-time processing, moreover, a Computer Vision (CM) is applied to control the prosthetic arm remotely, which can be used as well for surgery purposes. The proposed model outperforms the traditional approaches and gives a classification rate of 98%.

### **Introduction**

Even though prosthesis technology has become more advanced, amputees can have significant impairment from using them. Recent advancements in deep learning and convolutional neural networks may help them restore some of their powers by bridging the gap between the prosthetics industry (which demands rapid and robust control methods) and rehabilitation robotics research (that shows that dexterous and proportional control is possible). Johnny L. G. Nielsen et al. [1] introduced a unique surface electromyogram-based method for recording information from one upper limb to force generated by the collateral limb. They measured the right wrist in a variety of degrees of freedom and motions with 90% accuracy. Using the EMG data, Balaji et al. [2] designed a prosthetic limb, where electrode implantation in the muscles and machine learning in the nervous system was used to provide EMG-based stimulation. Additionally, multimodal data capture has been studied by Doen et al [3] and Markovic et al. [4] coupled computer vision

with sEMG-based detection of movement intention to predict the type and magnitude of the needed grab with respect to the item. Accelerometers demonstrated good detection of hand motions using pattern recognition and regression techniques, both alone and in conjunction with sEMG electrodes [5]. Using EMG Signals, the support vector machine method was utilized to predict many types of grips, including grab motions involving distal and proximal upper limb tissues. According to the acquired data, it can distinguish between three distinct grips (i.e., cylindrical, tripod, and lateral) with an average accuracy of around 90%. Katsutoshi et al. [6] proposed employing neural networks to monitor electromyography and create memory material through two distinct techniques. The first was EMG signal rectification and integration, while the second was the neural network cycle. SMA was chosen to compare the EMG signal due to its portability and low weight. The majority of affordable prosthetic limbs are incapable of maintaining synchronization between information processing and user response. In many instances, they are incapable of performing precise gestures. Alternatively, financially disadvantaged individuals cannot buy prosthetic arms with enhanced performance quality.

In this research work, we designed a 3d printing prosthetic arm with minimal manufacturing costs and accurate data categorization where it is controlled by a DLM using surface EMG recorded signals. A group of one hundred subjects participated in the recordings and signal classification is performed in a real-time processing procedure using DLM and CM to validate the proposed approach.

## **Methodology**

This section illustrates a potential approach for controlling a prosthetic hand using EMG signals. The primary distinction between our technique and other control systems is that instead of data processing, feature extraction, and feature selection using classifier models, we employ convolution neural networks on real-time raw EMG data as input, as shown in Fig. 1, where the system is designed with three main steps of architecture for controlling the prosthetic arm as:

- **Data recording and filtering:**

Three-hand motions are captured on a single channel from a group of 100 subjects utilizing EMG muscle sensor V3 of sampling frequency 1 kHz, of eight-bit precision for our dataset. In the resting state, the lowest power range is between 70 and 90 mV, but the closing hand condition ranges from 120 to

450 mV. After the signal acquisition process, a band-pass 4th order Butterworth filter (50 to 450 Hz) is applied.

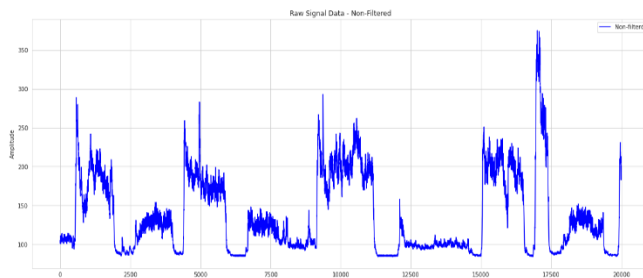


Fig. 1. Raw EMG Signal

### • • Deep Learning Model:

Using the Keras API from TensorFlow, a convolution network model of ReLU and SoftMax as activation functions, and 16 layers are built for recognizing hand motions directly from raw EMG data (Table 1). To train the model, a one-dimensional convolution layer is employed to which recorded datasets are sent. The proposed network comprises 5 convolution layers, BatchNormalization, and 3 max-pooling layers. Thirty percent of the subjects' raw EMG data recordings randomly have been used for training the model where three seconds of each has been used for training where they include the three labels, and the rest of the subjects' recordings are used for the validation. The network's output is an integer number of class labels according to the gesture's name, which is one of the three class labels employed (0 for resting state, 1 for holding state, 2 for closing state). The computer vision model is applied which merges with the DLM, where the prosthetic arm can be controlled remotely for surgery purposes.

### • • Hardware Implementation

Our system's hardware consists of an Arduino-UNO-r3 microcontroller, an EMG muscle sensor with 9V output power, and five Futaba s3003 servo motors with 9V and 2A of power. Hand fingers attach the five servos to breadboards respectively. These servos are resting in the forearm of a 3D prosthetic hand. The 3D pieces are taken from InMoov, which is a humanoid robot with a 3D-printable plastic body controlled by Arduino microcontrollers.

For the user interface and real-time data visualization, a desktop application is developed using Python and the PyQt5 module. The computer vision is produced using the CVzone and OpenCV python libraries so that when the

user lifts his finger, it is translated into vectors of 0's and 1's, and the servos grasp the proper coordinates as shown in Fig.3.

Layer	Type	Number of filters	Filter size	Stride	Activation
0	Input Conv1D (Raw EMG)	265	3x1	1	ReLU
1	BatchNormalization	-	-	-	-
2	MaxPool1D	-	3x1	1	-
3	Conv1D	128	5x1	1	ReLU
4	BatchNormalization	-	-	-	-
5	MaxPool1D	-	3x1	2	-
6	Conv1D	64	3x1	1	ReLU
7	BatchNormalization	-	-	-	-
8	Conv1D	32	3x1	1	ReLU
9	BatchNormalization	-	-	-	-
10	Conv1D	16	3x1	1	ReLU
11	BatchNormalization	-	-	-	-
12	MaxPool1D	-	3x1	2	-
13	Flatten	-	-	-	-
14	Dense	512	-	-	ReLU
15	Dense	128	-	-	ReLU
16	Dense	3	-	-	SoftMax

Table 1. Details of the proposed convolutional neural network.

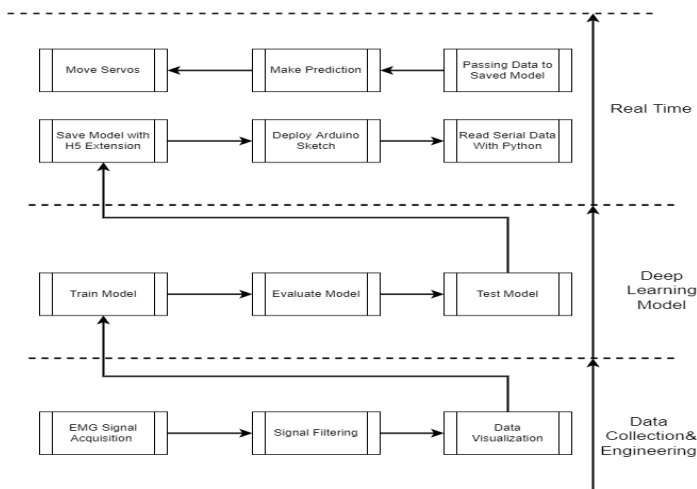


Fig. 2. System Architecture for controlling the bionic arm.

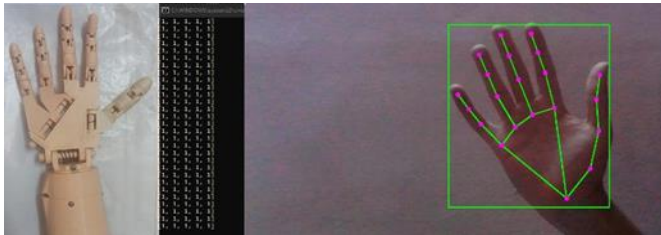


Fig.3. Computer Vision Controlling System

## Results

The conventional method [7] employed variance, zero-crossing, standard division, etc. as feature extraction and decision tree, SVM for classification. The proposed model based on CNN is trained on the NVIDIA GPU of Google Colab, using Python and TensorFlow library, where raw input is provided directly to the model in real-time to prevent a delay in reaction to the actual motion. The comparison between the proposed model and the other classification techniques is shown in Table 2.

The results demonstrate that the proposed model employing CNN outperforms the SVM and decision tree models with a classification accuracy of 98%. However, the two traditional models were trained using feature extraction, which delayed the real-time response, making them unsuitable for applications such as surgery, while the proposed model, directly works with the raw data which avoids the delay to the real response. The introduced computer vision technology enables precise motion coordinates and remote control of a prosthetic arm, which is useful for a variety of applications, including medical surgery.

Name	Method	Accuracy
Atzori et al. [8]	Preprocessed	70%
Zhai et al. [9]	Spectrogram	78%
Cote-Allard et al. [10]	Spectrogram	97.81%
<b>Proposed CNN</b>	<b>Raw</b>	<b>98%</b>

Table 2. A comparison between the proposed convolutional neural networks and others

The purpose of this study is to develop a system that properly acquires and classifies user data and information in order to enhance system precision and affordability. It demonstrates the enhanced accuracy and efficiency of the conventional method of EMG gesture categorization which allows the user to operate his prosthetic hands like a genuine bio hand, at a lower cost, and with more precision.



## Acknowledgment

This research was performed at the Faculty of Computers and Artificial Intelligence, Benha University, Egypt, and was funded by a full scholarship from the Ministry of Higher Education of the Arab Republic of Egypt.

## References

- [1.] J. L. G. Nielsen, S. Holmgaard, N. Jiang, K. B. Englehart, D. Farina, and P. A. Parker, "Simultaneous and proportional force estimation for multifunction myoelectric prostheses using mirrored bilateral training," *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, pp. 681–688, Mar. 2011.
- [2.] V. Balaji, S. Nivins, A. A.-T. international journal Of, and U. 2014, "Upper Limb Prosthesis Using EMG Signal," *he Int. J. Sci. technolodge*, vol. 3, no. 2, p. 216, 2014.
- [3.] S. Došen, C. Cipriani, M. Kostić, M. Controzzi, M. C. Carrozza, and D. B. Popović, "Cognitive vision system for control of dexterous prosthetic hands: Experimental evaluation," *J. Neuroeng. Rehabil.*, vol. 7, no. 1, p. 42, 2010.
- [4.] M. Markovic, S. Dosen, C. Cipriani, D. Popovic, and D. Farina, "Stereovision and augmented reality for closed-loop control of grasping in hand prostheses," *J. Neural Eng.*, vol. 11, no. 4, Aug. 2014.
- [5.] Krasoulis, S. Vijayakumar, and K. Nazarpour, "Evaluation of regression methods for the continuous decoding of finger movement from surface EMG and accelerometry," *Int. IEEE/EMBS Conf. Neural Eng. NER.*, pp. 631–634.
- [6.] F. F. Rupom, S. Jannat, F. F. Tamanna, G. M. Al Johan, and M. M. Islam, "EMG Controlled Bionic Robotic Arm using Artificial Intelligence and Machine Learning," 2020 *IEEE Reg. 10 Symp. TENSYP 2020*, pp. 334–339.
- [7.] D. C. Toledo-Perez, J. Rodriguez-Resendiz, and R. A. Gomez-Loenzo, "A study of computing zero crossing methods and an improved proposal for EMG signals," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 8783–8790, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2964678.
- [8.] M. Atzori, M. Cognolato, and H. Müller, "Deep Learning with Convolutional Neural Networks Applied to Electromyography Data: A Resource for the Classification of Movements for Prosthetic Hands," *Front. Neurobot.*, vol. 10, 2016.
- [9.] X. Zhai, B. Jelfs, R. H. M. Chan, and C. Tin, "Self-recalibrating surface EMG pattern recognition for neuroprosthesis control based on convolutional neural network," *Front. Neurosci.*, vol. 11, no. JUL, p. 379, Jul. 2017.
- [10.] [U. Côté-Allard, C. L. Fall, A. Campeau-Lecoursy, C. Gosseliny, F. Laviolettez, and B. Gosselin, "Transfer learning for sEMG hand gestures recognition using convolutional neural networks," 2017 *IEEE Int. Conf. Syst. Man, Cybern. SMC 2017*.

## A veleszületett rendellenességek területi eloszlásának vizsgálata

Surján György<sup>1,2</sup>, Csáky-Szunyogh Melinda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Nemzeti Népegészségügyi Központ, surján.gyorgy@nnk.gov.hu  
1097 Budapest, Albert Flórián út 2-6.

<sup>2</sup>Digitális Egészségtudományi Intézet, Semmelweis Egyetem Budapest

**Összefoglaló:** Az előadás kivonatok egységes szerkezetbe hozása érdekében a Neumann Kollokvium szervezői más eHealth rendezvényeken elfogadott kézirat formátum követését kéri előadóiktól. Ezen cikk e kiadvány formátumát ismerteti.

### Bevezető

A Nemzeti Népegészségügyi Központ (NNK) jogszabályban rögzített feladatai közé tartozik a Veleszületett Rendellenességek Országos Nyilvántartásának (VRONY) vezetése. A nyilvántartás egyik fontos célja az esetleges lokális esethalmozódások felderítése. A VRONY-nyal kapcsolatos publikációk jelentős része egy-egy betegségre fókuszál **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.], Hiba! A hivatkozási forrás nem található.],** csak kisebb számú közlemény törekszik átfogó elemzésre. Kifejezetten földrajzi vonatkozású elemzés pedig nem csak szórványosan fordul elő **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.].** Kézenfekvő megközelítésnek tűnik a klasszikus epidemiológiai jellemzők (pl. incidencia, mortalitás) térbeli eloszlásának vizsgálata. Tekintettel azonban arra, hogy a bejelentendő esetek (A BNO-10 XVII. fejezetébe tartozó állapotok) viszonylag ritkák, egy kisebb területi egységre vonatkozóan – ahol a lokális halmozódást keresnénk – az epidemiológiában általánosan használt incidencia nem használható erre a célra. Egy kis lélekszámú településen ugyanis egyetlen véletlenszerű eset is magas incidenciát jelentene. Jelen munka egy átfogó elemzési módszer kidolgozásának első lépése, amelyben a térbeli-időbeli halmozódásokat – vagy éppen ezek hiányát – megbízható statisztikai modell segítségével kívánjuk kimutatni. A téma nemzetközi szinten is kevésbé kutatott. A ["spatial concentration", "congenital diseases"] kereső kifejezés a Google Scholaron összesen 3, a ["spatial concentration", "congenital anomalies"] kifejezés 54 találatot eredményezett, melyek közül rendre 0, illetve 5 volt témánk szempontjából közvetlenül releváns. (Például: **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.], Hiba! A hivatkozási forrás nem található.], Hiba! A hivatkozási forrás nem található.])**

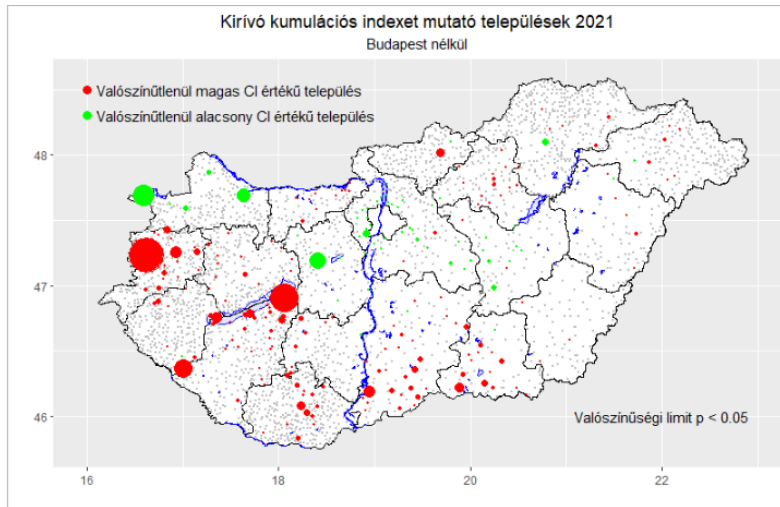
## Módszer

**Adatok:** Az NNK által működtetett VRONY 2021-es évi adatait vettük alapul, amely tartalmazza egyebek között az érintett személy vagy magzat születésének (szülészeti eseményének) dátumát, az anya, ill. törvényes képviselő lakcímét (települését). Ezenkívül fölhasználtuk az ugyancsak az NNK által kezelt születési értesítő nyilvántartásból az egyes településekre 2021-ben küldött értesítők számát. A születési értesítő a kórházi védőnők által a területi védőnőknek küldött értesítés a gyermek születéséről. A születések számát jobb prediktornak gondoljuk, mint akár a település lakosságának, akár az ott élő reprodukív korú nők számát. Ez az adat tehát nem születés helyét (ami az adott szülészeti intézmény címe), hanem az anya tartózkodási helyét veszi alapul. Hátránya, hogy a nem élveszületéssel végződő terhességeket nem veszi figyelembe. Budapestet, sajátos településszerkezeti sajátosságai miatt, egyelőre kivettük az elemzésből, ez külön elemzés tárgyát kell képeznie.

**Statisztikai modell:** Poisson eloszlás alapján településenként kiszámoltuk, hogy mekkora a valószínűsége annak, hogy az adott településen éppen a konkrét megfigyelt számú eset forduljon elő. A Poisson eloszlás paraméterét, ami a valószínűségi változó várható értéke, úgy becsültük meg, hogy az évi összes jelentett esetszámot elosztottuk az adott évben kiküldött összes születési értesítő számával, majd megszoroztuk az adott településre küldött értesítők számával. Ennek alapján definiáltunk egy kumulációs indexnek nevezett mutatót az alábbi képlet szerint:

$$CI = \text{sign}(r) * \log(\text{sign}(r) * r/p + 1)$$

ahol  $CI$  a kumulációs index,  $\text{sign}()$  az előjel függvény  $r$  a várható értéktől való relatív eltérés ( a tényleges és várható esetszámok különbsége osztva a születési értesítők számával),  $p$  pedig a Poisson eloszlás alapján számított valószínűség. A mutató negatív értékei a várhatónál alacsonyabb, pozitív értékei a várhatónál magasabb esetszámra utalnak. Azokat a településeket, ahol a tényleges és várható esetszámok a Poisson eloszlás alapján szignifikáns mértékben különböztek ( $p < 0,05$ ), térképen jelenítettük meg, külön színű körökkel jelölve a valószínűtlenül magas, illetve a valószínűtlenül alacsony esetszámú településeket. A körök mérete a kumulációs index abszolút értékével arányos. (A többi települést azonos méretű szürke pontok jelzik.)



## Eredmények

A kapott térképet az **Hiba! A hivatkozási forrás nem található.** mutatja. K irívóan magas CI értéket kaptunk Szombathelyre és Siófokra és egy Zala megyei kisebb

településre (Liszó) vonatkozóan. Az alacsony esetszámú települések közül Sopron, Székesfehérvár és Győr emelkedik ki legjobban. Sem a magas, sem az alacsony jelentett esetszámú települések nem mutatnak azonban szemmel látható lokális sűrűsödést.

Eloszlásuk ugyanakkor teljesen egyenletesnek sem mondható: a magas CI értékű települések leginkább az ország nyugati és déli részén, az alacsony esetszámúak közül a legkirívóbbak az Észak-Dunántúlon mutatkoznak.

## Diskusszió

A kapott eredmények jelen pillanatban korlátozott értékűek. Egyrészt azért, mert csak egy évi adat földolgozásán alapulnak. Másrészt korábbi átfogó elemzések és ezek visszajelzésének hiányában az adatszolgáltatók hozzáállása jelentős eltéréseket mutat, például az úgynevezett minor rendellenességek jelentési aktivitásának tekintetében. A számok jelentős részben az ebből adódó különbségeket mutatják, további finomításra van szükség ahhoz, hogy a kirívó értékeket valós eltérésnek tekinthessük.

Ugyanakkor a cél egyelőre egy statisztikai módszer kidolgozása volt csupán, így az eredmények alapján még nem indokolt a magas értéket mutató településeken genetikai ártalmat okozó lokális tényezők után kutatni.

A CI használhatóságát illetően fölmerülhet, hogy a képletben szereplő  $p$  ill.  $r$  érték egyaránt valamilyen módon a várható értéktől való eltérés nagyságát veszi figyelembe, így ugyanazt kétszer számoljuk. A Poisson eloszlásból kapott  $p$  érték azonban önmagában nem mondja meg, hogy az eltérés milyen irányú, ezért mindenképpen szükség van a várható érték és a tapasztalati érték valamilyen összevetésére. Több formula kipróbálása után azt találtuk, hogy a javasolt CI formula adja legjobban értelmezhető eredményt. A képletben a logaritmus bevezetése az egyébként extrém magas eltérések miatt volt szükséges. Emiatt viszont kezelni kellett a relatív eltérés negatív értékeinek problémáját, ezért tettük be a formulába az előjelfüggvényt.

Mint említettük, az eredmények sokszor jelentési anomáliákra mutatnak rá, ilyen például az említett Liszó nevű település esete. Itt a kirívó esetszámot az okozza, hogy két tényleges esetből 5 jelentés érkezett, egy intrauterin diagnózis alapján, 2 közvetlenül születéskor (ezek az anyai TAJ-ból képzett azonosítón futottak) 2 pedig későbbi vizsgálat során, már a gyermekek saját TAJ-a alapján. A képzett és saját TAJ azonosítók összerendezhetetlensége a rendszer szintű probléma, ami a későbbi elemzések során is gondot fog okozni.

## Hivatkozások

- [1.] Springett, A., Wellesley, D., Greenlees, R., Loane, M., Addor, M.C., Arriola, L., Bergman, J., Cavero-Carbonell, C., Csaky-Szunyogh, M., Draper, E.S. and Garne, E., 2015. Congenital anomalies associated with trisomy 18 or trisomy 13: A registry-based study in 16 European countries, 2000–2011. *American journal of medical genetics Part A*, 167(12), pp.3062-3069.
- [2.] Szumutku, F., Kádár, K., Kovács, Á.F., Lengyel, A., Pinti, É., Némethi, Z., Abonyi, T., Csáky-Szunyogh, M., Fekete, G. and Haltrich, I., 2022. A 22q11. 2-microdeletióis szindróma klinikai jellemzői. *Orvosi Hetilap*, 163(1), pp.21-30.
- [3.] Papp Z, Juhász A, Nagy Cs 2009 VRONY rendszerébe jelentett adatok térinformatikai elemzése Pest megye 4 kistérségében *Egészségtudomány LIII. évfolyam* 3. szám 110. oldal
- [4.] Fazekas-Pongor, V., Csáky-Szunyogh, M., Fekete, M., Mészáros, Á., Cseh, K. and Péntes, M., 2021. Congenital heart diseases and parental occupational exposure in a Hungarian case-control study in 1997 to 2002. *Congenital Anomalies*, 61(2), pp.55-62.
- [5.] Cuartas, D.E., Ariza, Y., Pachajoa, H. and Méndez, F., 2011. Analysis of the spatial and temporal distribution of birth defects between 2004-2008 at a third-level hospital in Cali, Colombia. *Colombia médica*, 42(1), pp.9-16.
- [6.] Gasca-Sanchez, F.M., Santos-Guzman, J., Elizondo-Dueñez, R., Mejia-Velazquez, G.M., Ruiz-Pacheco, C., Reyes-Rodríguez, D., Vazquez-Camacho, E., Hernandez-Hernandez, J.A., Lopez-Sanchez, R.D.C., Ortiz-Lopez, R. and Olvera-Posada, D., 2019. Spatial clusters of children with cleft lip and palate and their association with polluted zones in the

monterrey metropolitan area. International Journal of Environmental Research and Public Health, 16(14), p.2488

## **Insulin sensitivity prediction using quantile regression**

Bálint Szabó<sup>1</sup>, Omer Alkhafaf<sup>1</sup>, Ameer Basheer<sup>1</sup>, Ákos Szlávecz<sup>1</sup>,  
Béla Paláncz<sup>2</sup>, Geoffrey Chase<sup>3</sup>, Balázs Benyó<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Budapest University of Technology and Economics,  
Faculty of Electrical Engineering and Informatics, Department of Control  
Engineering and Information Technology, Budapest, Hungary,  
[bszabo, oalkhafaf, b.ameer, szlavecz, bbenyo]@iit.bme.hu

<sup>2</sup>Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary,  
palancz.bela@emk.bme.hu

<sup>3</sup>University of Canterbury, Christchurch, New Zealand,  
[geoff.chase@canterbury.ac.nz](mailto:geoff.chase@canterbury.ac.nz)

***Abstract:*** Insulin sensitivity is a key physiological parameter in the human metabolic system, which is used in the model-based STAR (Stochastic TARgeted) glycemc control protocols to guide insulin dosing of insulin-dependent intensive care patients. In these protocols, insulin sensitivity prediction is a part of calculating the alternative treatments' outcomes and is used to find the optimal treatment option. Quantile regression is an artificial intelligence method known to be efficient in predicting processes with stochastic behaviour. Using the patent data set, including patient records from 3 clinical ICU cohorts and having 820 treatment episodes of 606 patients and 68,631 hours of treatment, an insulin sensitivity quantile regression-based prediction model is created. The prediction accuracy is evaluated by prediction metrics able to reflect the efficacy of the prediction in the context of clinical requirements. The quantile regression-based prediction is found to be similarly accurate to the previously tested artificial intelligence – classification-based and Mixture Density Network – based methods and more accurate than the currently used insulin sensitivity prediction in the STAR protocol.

### **Introduction**

Insulin sensitivity is a key physiological parameter in the human metabolic system, which is used in the model-based STAR (Stochastic TARgeted) glycemc control protocol to guide insulin dosing of insulin-dependent intensive care patients [1]. In these protocols, insulin sensitivity prediction is a part of calculating the alternative treatments' outcomes and is used to find the optimal treatment option. Quantile regression is an artificial intelligence method known to be efficient in the prediction of processes with stochastic

behaviour. In this paper, a quantile regression-based insulin sensitivity prediction model is proposed. The prediction accuracy is evaluated by prediction metrics able to reflect the efficacy of the prediction in the context of clinical requirements – proposed in [2] – and compared with other artificial intelligence (AI) – classification-based and Mixture Density Network – based methods [3].

### **Methods and data**

The dataset used to train the neural network models was collected by the STAR application. It consists of 62433  $[SI(t), SI(t+1)]$  pairs as datapoints came from 3 different ICU settings. The goal was to predict a 90% confidence interval on the  $SI(t+1)$  value, the future value of SI based on a given  $SI(t)$ , and the current value. The distribution of  $SI(t+1)$  based on a given  $SI(t)$  is called conditional SI distribution. The presented methods approximate this distribution in three ways to derive the confidence intervals.

#### ***CDN network***

The Classification Deep Network method [3] discretely approximates the conditional SI distribution. The  $SI(t+1)$  domain was split to equal with disjunct sub-intervals, and each datapoint got a class label by the ID of the sub-interval it belonged to. The CDN method uses a multi-class classification neural network that learns these labels for each datapoint. Therefore, the output of the CDN for a given  $SI(t)$  will be a categorical distribution that provides a probability for each sub-interval with which  $SI(t+1)$  will belong to it. The confidence interval can be created by combining the subintervals to reach 0.9 probability in the sum.

#### ***MDN network***

The Mixture Density Network method approximates the conditional distribution with a Gaussian mixture distribution [3]. The method uses a neural network with specially interpreted outputs. The outputs of the network are interpreted as parameters of the mixture distribution: weights, means, and variances. The confidence interval can be created by taking the 5<sup>th</sup> and 95<sup>th</sup> percentile of the mixture distribution.

#### ***Quantile regression***

The methods mentioned above approximate the conditional SI distribution to give a mean and a deviation from which the confidence interval can be



calculated. Quantile regression directly models the quantile values by using a particular loss function called pinball loss [4].

This loss function is a modified version of the mean absolute error (MAE) where the linear coefficient of the two branches of the absolute function was changed considering the percentile goal. A minimal MAE relates to a separation surface that divides the datapoints evenly by the number of points. Thus, an MAE-based regression predicts the median values of the distribution. The pinball loss modifies the coefficients to reach a given percentile goal.

Quantile regression can be implemented with an arbitrary complex prediction algorithm long as it minimises the pinball loss. In this paper, a multi-layer neural network was applied.

### ***Metrics***

Three clinically relevant metrics were defined to evaluate the proposed methods.

***Success Rate:*** Measures the statistical probability that a datapoint is in the predicted, relevant confidence interval. It comes from the confidence interval requirement, that a datapoint must be in the interval with 90% probability. The metric can be calculated as the number of datapoints in the confidence intervals divided by the number of all datapoints. The higher value the better.

***Interval Ratio:*** The width of the confidence interval of the novel method can be compared with the widths come from a reference predictor. For each datapoint the width with the novel method can be divided with the width of the reference which gives a ratio. The average of these ratios creates the Interval ratio. The metric comes from the observation that a narrower interval gives more space to the protocol to optimise the treatment parameters. Because of the way it is calculated the lower interval ratio is the better.

***I-Score:*** The success rate and the interval ratio are in a trade-off relation. One can imagine that a higher success rate can be achieved with wider intervals. I-Score measures this trade-off with a ratio. It assumes that the reference predictor is ideal with 0.9 success rate and 1.0 interval ratio. Then it calculates that how much should the confidence intervals be widened to reach the success rate of the inspected predictor. This way the higher i-score is the better and over 1.0 we found the new method beneficial.

### **Results**

Tables 1-3 show the results of the k-fold cross validation of different methods. This validation splits the dataset into five nearly equal-sized parts.

---

Then one of the parts will be used as test data and the rest as training data. This way, the validation shows the practical performance of the method on unseen data and how the model depends on the training data selection.

The left sub-figure of Figure 1 shows the confidence intervals defined by the different methods. The right sub-figure of Figure 1 shows the interval on the densest region of  $SI(t)$ .

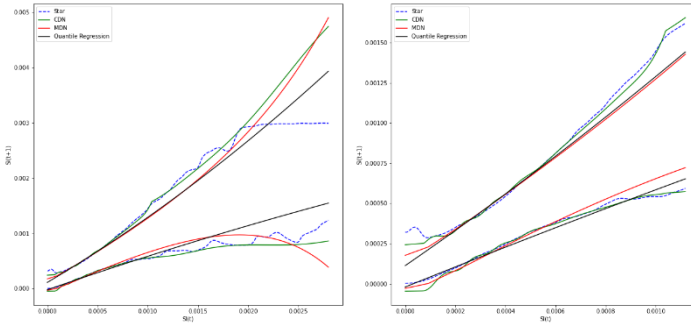


Figure 1: Visual representation of 90% confidence interval of the three artificial intelligence-based methods compared to the prediction currently used by STAR

Fold	Success Rate	Interval Ratio	I-Score
1	0.926	0.995	1.094
2	0.917	0.765	1.378
3	0.922	0.924	1.159
4	0.868	1.018	0.900
5	0.928	0.958	1.137
<b>Average</b>	<b>0.912</b>	<b>0.932</b>	<b>1.134</b>

Table 6: K-fold cross-validation result of the MDN-based insulin sensitivity prediction

Fold	Success Rate	Interval Ratio	I-Score
1	0.928	1.049	1.045
2	0.927	1.050	1.039
3	0.931	0.998	1.108
4	0.923	1.005	1.068
5	0.928	1.018	1.076
<b>Average</b>	<b>0.928</b>	<b>1.024</b>	<b>1.067</b>

Table 7: K-fold cross-validation result of the CDN-based insulin sensitivity prediction

Fold	Success Rate	Interval Ratio	I-Score
1	0.883	0.847	1.127
2	0.928	1.140	0.959
3	0.863	0.851	1.064
4	0.917	1.040	1.013
5	0.867	0.838	1.089
<b>Average</b>	<b>0.892</b>	<b>0.943</b>	<b>1.051</b>

Table 8: K-fold cross-validation result of the quantile regression-based insulin sensitivity prediction

## Discussion

Comparing the graphs corresponding to the confidence intervals defined by the three methods, it is noticeable that the quantile regression model created the chart most similar to the original STAR prediction method. This similarity is probably due to the similarity between the quantile regression's data generalisation capability and the generalisation ability of the kernel-based fitting applied to create the conditional distribution function used to define the original STAR prediction quantiles.

The average width of the 90% confidence interval belonging to the quantile regression method is somewhat broader than that of the 90% confidence interval corresponding to the other AI methods. This difference can be seen quantitatively in Tables 1-3. The MDN is the best in comparing the three AI methods based on the I-score, followed by the CDN and quantile regression. MDN is not the best performing method either by Success rate or Interval Ratio, but by the combination of these two metrics, I-Score shows the benefits of the MDN method from clinical aspects. However, the differences between the AI methods in each metric are relatively small.

This performance MDN is probably due to the ability of the method to reconstruct the entire distribution of the stochastic variable and not only the quantiles as the quantile regression does. The CDN performance is between those two methods' accuracy, which is likely because CDN provides a discrete representation of the distribution that is less accurate than the MDN reconstructed continuous distribution but still more accurate than the quantiles created by the quantile regression.

The k-fold evaluation results in Tables 1-3 also show that the variance of the results in each metric in the different folds is relatively small proving that all the AI methods are relatively stable and robust. Their performance does not depend on the randomly selected data in the validation dataset used in different folds. This unquestionable proves that all the three methods are appropriate to be applied for insulin sensitivity prediction. However, their accuracy is somewhat different, as it has been shown above.

## Conclusion

Based on the results presented, the quantile regression-based insulin sensitivity prediction methods proposed in this paper are proved to be accurate enough for application in glycaemic control protocols controlling the insulin dosing of intensive care patients. Only minor accuracy differences are found between the quantile regression method and the previously proposed AI-based insulin sensitivity prediction methods. The accuracy of

---

the artificial intelligence methods is somewhat better than the currently used stochastic model-based prediction of STAR protocol. As a subsequent step of the research, the proposed AI-based methods are worth to be evaluated by in-silico simulation trials and, in case of successful validation being tested by clinical trials.

### **Bibliography**

- [1.] Stewart, K.W., et al., Safety, efficacy and clinical generalization of the STAR protocol: a retrospective analysis. *Ann Intensive Care*, 2016. **6**(1): p. 24.
- [2.] Szabo, B., et al., Comparison of Gated Recurrent Unit vs. Mixture Density Network in Insulin Sensitivity Prediction. *Ifac Papersonline*, 2022. **55**(15): p. 180-185.
- [3.] Benyo, B., et al., Artificial Intelligence Based Insulin Sensitivity Prediction for Personalized Glycaemic Control in Intensive Care. *Ifac Papersonline*, 2020. **53**(2): p. 16335-16340.
- [4.] Steinwart, I. and A. Christmann, Estimating conditional quantiles with the help of the pinball loss. *Bernoulli*, 2011. **17**(1): p. 211-225.

## **Gyerekkori daganatos betegségek morbiditásának és mortalitásának vizsgálata Magyarországon 1999-2021 között**

Németh Kristóf<sup>1</sup>, Nyári Tibor<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Szegedi Tudományegyetem, TTIK Biológia Intézet,  
6726 Szeged, Közép fasor 52.

<sup>2</sup>Szegedi Tudományegyetem, Szent-Györgyi Albert Orvostudományi Kar,  
Orvosi Fizikai és Orvosi Informatikai Intézet,

<sup>1</sup>nemeth.kristof.1@o365.u-szeged.hu

<sup>2</sup>nyari.tibor@med.u-szeged.hu

6720 Szeged, Korányi fasor 9.

**Összefoglaló:** Gyerekkori rosszindulatú daganatos betegségek morbiditását és mortalitását vizsgáltuk Magyarországon 1999-2021 közötti időszakban. Az éves változást leíró tendenciák jellemzésére incidencia-arányszám hányadost számoltunk. Az elemzéseket nem, korcsoport és lakóhely (régión) szerinti bontásban is elvégeztük. A gyerekkori daganatos betegségek morbiditásában szignifikáns emelkedés, a halálzásban szignifikáns csökkenés mutatkozott 1999-2021 között. Ezek a tendenciák nem változtak a koronavírus okozta pandémia időszakában sem. Regionális A populációs szinten feltárt eredményeinket érdemes lenne további tanulmányokban részletesen is vizsgálni.

### **Bevezetés és célkitűzés**

Magyarországon évente átlagosan 300 új malignus megbetegedést diagnosztizálnak a 15 év alatti populációban. A 15 év alatti gyermekhalálozások 7,5%-a rosszindulatú daganatos betegség okozta halálozás. A gyermekkori malignus betegségek közül az egyik leggyakoribb az akut lymphoid leukémia, amely a gyerekkori daganatos megbetegedések 23-25%-ban fordul elő. Öt éves kor alatti gyermekeknél relatíve gyakori megbetegedés a neuroblastoma. Korábbi tanulmányainkban e két betegséget részletesen vizsgáltuk a 1990-es évekre vonatkozóan [1,2].

A Központi Statisztikai Hivatal (KSH) 1999 óta két évente, közli a háziorvosokhoz és házi gyermekorvosokhoz bejelentkezett 0-18 éves korúak főbb betegségeit.

Munkánk célja a 15 év alatti gyerekkori daganatos betegségek morbiditásának és mortalitásának vizsgálata volt Magyarországon 1999-2021 között.

### **Módszerek**

A KSH tájékoztatási adatbázisból kigyűjtöttük a 0-14 éves korosztálynál diagnosztizált rosszindulatú daganatos (BNO10: C00-C97) betegségek morbiditását és mortalitását a 1999 és 2021 közötti időszakra vonatkozóan [3]. A gyerekkori daganatos betegségek részletes bontásba azonban nem elérhetőek, így összes daganatos betegségeket elemeztünk. A magyarországi 0-14 éves gyermek populációt szintén a KSH tájékoztatási adatbázisból gyűjtöttük ki. Az adatok korcsoport (0-4 év, illetve 5-14 éves), nem (fiú, lány), illetve regionális (Közép-Magyarország, Közép-Dunántúl, Nyugat-Dunántúl, Dél-Dunántúl, Észak-Magyarország, Észak-Alföld, Dél-Alföld) bontásban voltak elérhetőek. A betegség korcsoportos morbiditását és mortalitását az európai standard populáció alapján végeztük. A trendeket Poisson regresszióval és joinpoint regresszióval elemeztük. A trendeket incidenciaránysszal hányadossal (IRR) és a hozzátartozó 95%-os konfidencia intervallummal (95%KI) jellemeztük. Az elemzéseket a STATA 17 és R szoftverekkel végeztük.

### **Eredmények**

A vizsgált időszakban összesen 21 649 (11733 fiú és 9916 lány) malignus megbetegedés okozta esetet regisztráltak a 15 év alatti populációban, és 1 269 (708 fiú és 561 lány) gyermek hunyt el. Az éves rosszindulatú daganatos morbiditás 896 esetről (1999) 1598 (2019) esetre emelkedett. A betegség okozta évenkénti halálozás 97-ről 28-ra csökkent. A morbiditásnál szignifikánsan emelkedő trendet találtunk a Poisson regressziós modellben. (IRR:1,035715; 95%KI[1,033218-1,038218]; $p<0,001$ ).

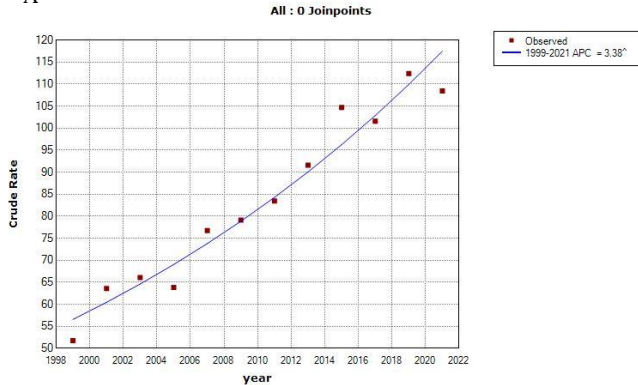
A mortalitásnál szignifikánsan csökkenő volt a tendencia (IRR: 0,970242; 95%KI[0,9619126-0,9786448],  $p<0,001$ ). A COVID-19 időszakra vonatkozó elemzés nem változtatta meg a tendenciákat.

A betegség morbiditása és mortalitása fiúknál szignifikánsan magasabb volt (IRR: 1,194521; 95%KI[1,065976-1,338568],  $p=0,002$ ), mint a lányoknál. A rosszindulatú gyerekkori daganatos betegségek morbiditásában nem találtunk regionális különbséget, azonban a mortalitás az Észak-magyarországi régióban szignifikánsan magasabb volt (IRR: 1,043015; 95%KI[1,015174-1,07162],  $p=0,002$ ).

---

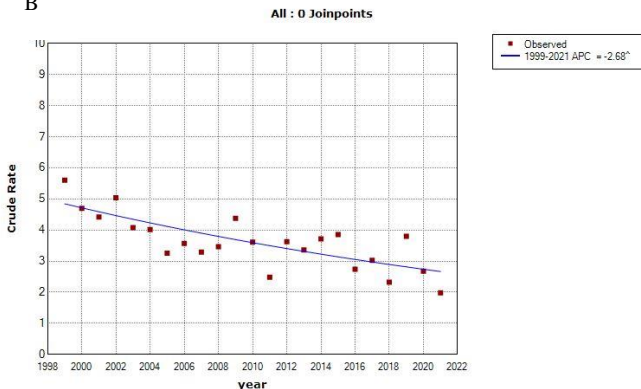
A joinpoint regressziós elemzés megerősítette a fentebb leírt morbiditási és mortalitási trendeket (1A és 1B. ábra)

A



^ The Annual Percent Change (APC) is significantly different from zero at alpha = 0.05

B



^ The Annual Percent Change (APC) is significantly different from zero at alpha = 0.05

1. ábra Malignus megbetegedések joinpoint regressziós elemzés alapján leírt morbiditási (A) és mortalitási (B) trendek a 15 év alatti gyermek populációban

A betegség morbiditása és mortalitása fiúknál szignifikánsan magasabb volt (IRR: 1,194521; 95% KI[1,065976-1,338568],  $p=0,002$ ), mint a lányoknál. A rosszindulatú gyerekkori daganatos betegségek morbiditásában nem találtunk regionális különbséget, azonban a mortalitás az Észak-magyarországi régióban szignifikánsan magasabb volt (IRR: 1,043015; 95% KI[1,015174-1,07162],  $p=0,002$ ).

A joinpoint regressziós elemzés megerősítette a fentebb leírt morbiditási és mortalitási trendeket (1A és 1B. ábra)

### **Megbeszélés**

Szignifikánsan emelkedő morbiditási, illetve szignifikánsan csökkenő mortalitási trendek jellemzik a rosszindulatú daganatos megbetegedések arányának alakulását Magyarországon a 0-14 éves gyerek populációban. A meglévő adatok alapján a COVID-19 pandémia időszakában sem változtak a tendenciák. A KSH adatok részletesebb elemzést nem tettek lehetővé, azonban kiemelendő a mortalitás regionális eltérése, amelynek okát célszerű lenne kohorsz vagy keresztmetszeti tanulmányokkal megvizsgálni.

### **Hivatkozások**

- [1.] Nyari TA, Kajtar P, Bartyik K, Thurzo L, Parker L. Childhood acute lymphoblastic leukemia in relation to population mixing around the time of birth in South Hungary. *Pediatr Blood Cancer*. 2006;47:944-948.
- [2.] Nyari TA, Kajtar P, Parker L, The Hungarian Paediatric Oncology Group. Neuroblastoma in Hungary. *Eur J Cancer*. 2006; 42(14):2350-2354.
- [3.] KSH. Tájékoztatási adatbázis. <https://statinfo.ksh.hu/Statinfo/index.jsp>



## **Öngyilkosság általi halálozások alakulása 2020-ban Magyarországon**

Lantos Tamás<sup>1</sup>, Nyári Tibor<sup>2</sup>

Szegedi Tudományegyetem, Szent-Györgyi Albert Orvostudományi Kar,  
Orvosi Fizikai és Orvosi Informatikai Intézet,

<sup>1</sup>lantos.tamas@med.u-szeged.hu

<sup>2</sup>nyari.tibor@med.u-szeged.hu

6720 Szeged, Korányi fasor 9.

**Összefoglaló:** Tanulmányunkban a 2020-as év öngyilkosságait vizsgáltuk Magyarországon az azt megelőző év számainak függvényében. Az éves változást leíró tendenciák jellemzésére incidencia-arányszám hányadost számoltunk. Ezen kalkulációkat nem, korcsoport és a tényleges lakóhely (régió) szerinti bontásban is elvégeztük. Az öngyilkossági halálozásban szignifikáns emelkedés mutatkozott, és a halálozási arányszám több mint 10%-kal növekedett. A leginkább érintett (al)csoportok a férfiak, a 65 év felettiek, valamint Közép-Magyarország régió lakói voltak. Eredményeink alapján az ökológiai vizsgálatban, populációs szinten talált emelkedést érdemes lenne további tanulmányokban részletesen is vizsgálni.

### **Bevezetés és célkitűzés**

Az 1995 és 2019 közötti, 25 évet felölelő időszakban Magyarországon az öngyilkosságok standardizált halálozási arányszáma csaknem 60%-kal csökkent, melyből az utolsó 10 évben (a 2010-es évvel kezdődően) szinte töretlen volt a kedvező tendencia évről-évre.

2020 márciusában azonban Magyarországon is megjelent a COVID-19, mindez pedig a járvány megfékezését célzó intézkedésekkel együtt a hazai öngyilkosságok számának „hirtelen”, jelentős emelkedését is kiváltotta [1].

Vizsgálatunk célja az volt, hogy megnézzük, 2020-ban (a járvány első magyarországi évében) a lakosság mely csoportjaiban és milyen mértékben emelkedett a szuicid mortalitás a 2019-es évet bázisul véve.

### **Módszer**

#### **Adatok**

Az elemzés során a könnyebb összehasonlíthatóság végett teljes éveket vettünk figyelembe. A népességre, valamint a befejezett öngyilkosságok

számára vonatkozó adatokat a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) online elérhető Tájékoztatósi adatbázisából gyűjtöttük ki [2].

Mind a populációt, mind az öngyilkossági halálozásokat illető számok a következő szempontok szerint lettek csoportosítva: (I) nem, (II) korcsoport, valamint (III) tényleges lakóhely.

A korcsoportok a következőképpen kerültek kialakításra: (1) 20 évnél fiatalabbak, (2) 20-34 év közöttiek, (3) 35-49 év közöttiek, (4) 50-64 év közöttiek, illetve (5) 65 évnél idősebbek.

A tényleges lakóhely szerinti bontást a NUTS 2013 besorolás (Statisztikai célú területi egységek nomenklatúrája; 2013-as revízió) szerinti második szintű területi egységek (vagyis: régiók) adták: (1) Közép-Magyarország, (2) Közép-Dunántúl, (3) Nyugat-Dunántúl, (4) Dél-Dunántúl, (5) Észak-Magyarország, (6) Észak-Alföld, illetve (7) Dél-Alföld.

### ***Statisztikai módszerek***

Az öngyilkossági mortalitási mutatók éves változását leíró tendenciák jellemzésére incidencia-arányszám hányadosokat ('incidence rate ratio', IRR), valamint a rájuk vonatkozó 95%-os konfidencia intervallumokat (95% KI), továbbá a hozzá tartozó p-értékeket számítottuk ki.

A kalkulációkat a Stata statisztikai programcsomag 16.1-es verziójával végeztük. A 0,05-nál kisebb p-értékeket tekintettük statisztikailag szignifikánsnak.

### **Eredmények**

A 2020-as évben 1706 öngyilkosságot regisztráltak hazánkban (1. Tábl.), szemben az azt megelőző év 1550-es értékével; mindez erősen szignifikáns emelkedést jelent (IRR = 1,103; 95% KI: 1,029 – 1,182; p = 0,005).

Az összes áldozat mintegy háromnegyedét mindkét évben a férfiak adták; nyers számokban kifejezve azonban ez több mint 150 főt számláló többletet jelent esetükben 2020-ban, a nőknél megfigyelhető stagnálással szemben. Előbbi részpopulációban (férfiak) jelentős mértékű, statisztikai értelemben szignifikáns emelkedést (IRR = 1,134; 95% KI: 1,047 – 1,228; p = 0,002) találunk, a nők körében tapasztalható, ennél jóval kisebb volumenű, valamint nem is szignifikáns (statisztikailag sem) emelkedéssel (IRR = 1,011; 95% KI: 0,877 – 1,165; p = 0,882) szemben.

A 2020-ban megfigyelhető, a 2019-es évhez képest jelentős öngyilkosság általi halálozási többlet szinte teljes egészében a férfi lakossághoz köthető.

A következőkben korcsoport, valamint tényleges lakóhely (régió) szerint is áttekintjük az öngyilkossági halálozásokat.

---

Alcsoport / Év	2020	2019
NEM		
Férfiak	1311	1158
Nők	395	392
KORCSOPORT		
20 év alattiak	22	24
20-34 évesek	171	156
35-49 évesek	366	339
50-64 évesek	484	479
65 évnél idősebbek	660	551
Ismeretlen	3	1
TÉNYLEGES LAKÓHELY		
Közép-Magyarország	465	366
Közép-Dunántúl	181	148
Nyugat-Dunántúl	129	126
Dél-Dunántúl	137	146
Észak-Magyarország	175	188
Észak-Alföld	295	266
Dél-Alföld	306	295
Ismeretlen/egyéb	18	15
ÖSSZESEN	1706	1550

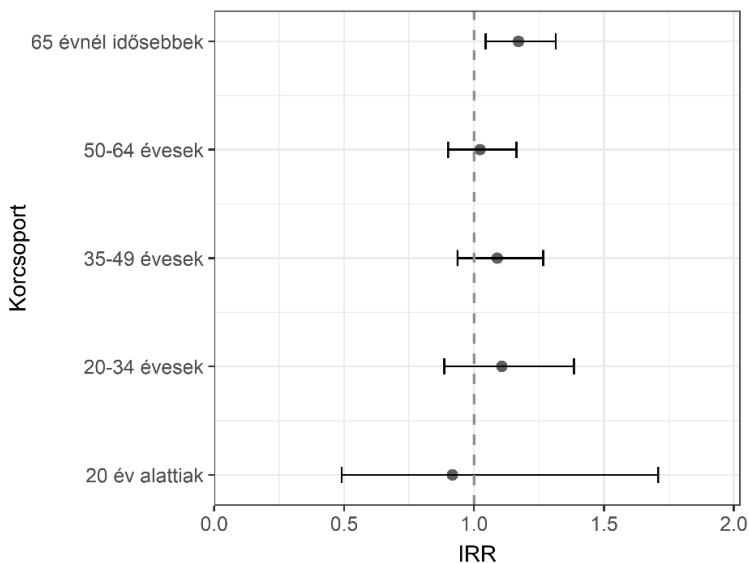
1. Táblázat. Öngyilkosságok száma Magyarországon 2020-ban és 2019-ben.

### **Korcsoportok**

Az összes öngyilkosság körülbelül kétharmadát adták az 50 év felettek mindkét évben (1. Tábl.); nyers számok tekintetében viszont ez már több mint 110 fős többletet jelent a 65 év felettek körében 2020-ban, az 50-64 év közöttieknél tapasztalható stagnálással szemben. Az előbbi növekedés pedig szignifikáns volt (IRR = 1,171; 95% KI: 1,044 – 1,314; p = 0,006), statisztikai értelemben is (1. Ábra).

A többi korcsoport esetében is emelkedést lehetett megfigyelni, a 20 év alattiak kivételével; azonban szignifikáns egyik sem volt.

Az öngyilkossági halálkozásban 2020-ban megfigyelhető többletet tehát jelentős részben a nyugdíjas korú lakosság adta.



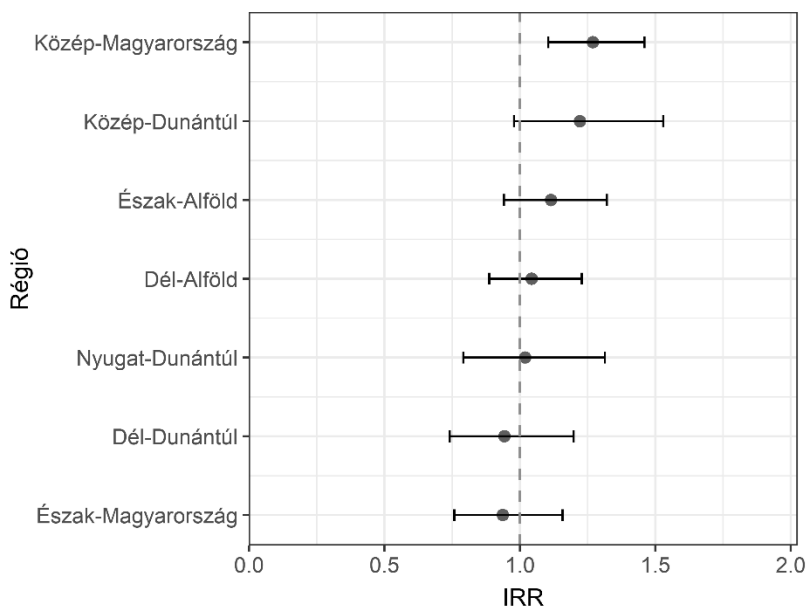
1. Ábra. Az öngyilkosság általi halálozások incidencia-arányszám hányadosa (IRR) korcsoportok szerint 2020-ban (2019-hez képest).

### **Régiók**

Ami a lakóhely szerinti bontást illeti (2. Ábra), találunk a régiók sorában a 2020-as öngyilkossági halálozást tekintve kis mértékű csökkenést (Észak-Magyarország, Dél-Dunántúl), stagnálást (Nyugat-Dunántúl, Dél-Alföld), és emelkedést (Észak-Alföld, Közép-Dunántúl, Közép-Magyarország) is.

A fentiek közül azonban csak a közép-magyarországi régió esetében lehet statisztikai szignifikanciát is kimutatni (IRR = 1,27; 95% KI: 1,105 – 1,46;  $p < 0,001$ ); bár a közép-dunántúli régió sem volt ettől messze (IRR = 1,222; 95% KI: 0,978 – 1,529;  $p = 0,07$ ).

A 2020-as év öngyilkossági mortalitási többlete tehát elsősorban Közép-Magyarország régióhoz köthető: közel 100 főt (1. Tábl.) a régió lakossága ad a teljes (éves) megfigyelhető többletből.



2. Ábra. Az öngyilkossági általi halálozások incidencia-arányszám hányadosa (IRR) régiók szerint a 2020-as évben (2019-hez képest).

## Megbeszélés

A vizsgált időszakban, a Covid által terhelt első évben (vagyis 2020-ban), az öngyilkossági halálozásban szignifikáns emelkedés mutatkozott, és a halálozási arányszám több mint 10%-kal növekedett az azt megelőző évhez képest; ezzel megtört egy 10 éves kedvező tendencia, amely során évről-évre, szinte folyamatosan csökkent a (standardizált) öngyilkossági halálozási arányszám Magyarországon.

A lakosság leginkább érintett – a járvány és a megfékezésére hozott intézkedések által az öngyilkosságokat tekintve leginkább sújtott – csoportjai a férfiak (13%-os emelkedés), a 65 év feletiek (17%-os emelkedés), illetve Közép-Magyarország régió lakói (27%-os emelkedés) voltak.

Itt ugyan az egyszerűség kedvéért teljes éveket vetettünk össze, de havi adatokat lekérve az adatbázisból, megtehető az is (megtettük), hogy csak a Covid által ténylegesen érintett időszakot (március – december) vesszük figyelembe az összehasonlításnál. Ekkor is hasonló eredményre jutunk.

Felvethető annak a kérdése (és problémája) is, hogy mennyiben célszerű egyetlen évet (mondjuk a megelőző, 2019-est) kiragadni, és azt alapul venni a 2020-as év szuicid halálozási számainak megítélésekor. Szokás ilyenkor többéves (mondjuk 3-5 éves) átlagot bázisul venni, és azzal összehasonlítani az adott év mutatóit. Ha azonban a háttérben látszik egy egyébként világos tendencia (esetünkben csökkenés), akkor ezen „simítás” inkább félrevezető eredményekre vezetne.

A fentiek egy lehetséges „kiegyensúlyozása” lehet az, amikor a Covid-dal ténylegesen terhelt időszak (2020. március – december) megfigyelt értékeit vetjük össze ezen időszak azon hipotetikusan „várható” értékeivel, amiket az azt megelőző hosszabb periódus trendje alapján előre jeleztünk volna. Egy ilyen vizsgálat született is már a teljes népességre, valamint a nemek szerinti bontásra vonatkozóan [1], és igen hasonló eredményekre jutott.

Az előbbieken ismertetett, ún. „megszakított idősoros” módszerrel [3] a többi változó (korcsoport, ill. régió) tekintetében is hasonló eredményeket kapunk: valódi eltérést lényegében csak az életkori csoportoknál figyelhetünk meg, ahol a 65 év feletti mellett (helyett) inkább a 35-49 év közöttiek csoportjánál látszik érdemi emelkedés (a nyugdíjas korúaknál is nagyon közel volt a statisztikailag szignifikáns eredmény).

A járvány és válság (gazdasági és társadalmi értelemben egyaránt) által kiemelten veszélyeztetett csoportok felderítése rendkívül fontos (lenne). Az ökológiai vizsgálatban, populációs szinten kapott eredményeket azonban érdemes lenne további tanulmányokban részletesen is vizsgálni; mindez a háttérokok jobb megértéséhez és megelőző intézkedésekhez vezethetne el bennünket.

## Hivatkozások

- [1.] Osváth P, Bálint L, Németh A, Kapitány B, Rihmer Z, Döme P. A magyarországi öngyilkossági halálozás változásai a COVID-19-járvány első évében. Orvosi Hetilap. 2021;162(41):1631–6.
- [2.] KSH. Tájékoztatósi adatbázis. <https://statinfo.ksh.hu/Statinfo/index.jsp>
- [3.] Bernal JL, Cummins S, Gasparrini A. Interrupted time series regression for the evaluation of public health interventions: a tutorial. Int J Epidemiol. 2017;46(1):348–55.

## Névmutató

- Ábrahám Judit, 100  
Alexin Zoltán, 39  
Alkhafaf Omer, 169  
Aranyi Gabor, 46  
Árpád Metzing, 14  
Balkányi László, 76  
Barnai Mária, 100  
Barta Viktória, 109  
Basheer Ameer, 169  
Baumgärtner Margaréta, 145  
Benyó Balázs, 169  
Bertalan Ádám, 20  
Bertalan Lóránt, 7  
Bilicki Vilmos, 100, 152  
Bolgár Tímea, 100  
Borbely Csaba, 83  
Brand Ádám, 52, 70  
Bruncsics Bence, 120  
Chase Geoffrey, 169  
Csáky-Szunyogh Melinda, 165  
Cserjési Renáta, 127  
Csermely Péter, 58  
Csukly Gábor, 120  
Dinya Elek, 20  
Dömötör Anna, 115  
Égerházi László, 139  
Erdélyi Lóránd, 20  
Faragó-Mészáros Ádám, 139  
Ferenci Tamás, 1  
Fodor Gergely, 145  
Fogarassyné Vathy Ágnes, 46  
Guzsvinecz Tibor, 115  
Halmosi Bence, 115  
Hanák Péter, 120  
Héja Gergely, 14  
Hompoth Emőke Adrienn, 152  
Iffah Syafiqah, 83  
Juhász Zoltán, 83, 91  
Kanonge Mitonga Nur, 109  
Király Gyula, 25  
Kiszely Ildikó, 100  
Kolossváry Endre, 1  
Korom Andrea, 100  
Kósa István, 58, 64, 100  
Kovács Rita, 25  
Kováts Tamás, 1  
Kretz Zsombor, 127  
Kukoda Balázs, 76  
Lada Szilvia, 100  
Lantos Tamás, 179  
Lengyel Csaba, 100  
Márki Árpád, 145  
Máthéné Köteles Éva, 100  
Mohamed F Issa, 83, 159  
Mohamed Mohsen, 159  
Nagy Róbert, 52, 70  
Nagy Zoltán, 83  
Nemes Attila, 100  
Németh Kristóf, 175  
Nyári Tibor, 175, 179

Paláncz Béla, 169	Szabó Zsolt Mihály, 31
Pataki Béla, 120	Szakonyi Benedek, 104
Rafael Beatrix, 100	Szálka Brigitta, 100
Ries Júlianna, 109	Szlávecz Ákos, 169
Salacz Pál, 120	Szőke Ákos, 120
Schalbert Judit, 127	Szűcs Judit, 115
Seffer Péter, 100	Szűcs Mónika, 100, 109
Sikné Lányi Cecília, 109, 115, 127, 133	Szűcs Veronika, 46, 52, 70
Staberecz Dóra Terézia, 100	Takács Laura Katalin, 25
Strausz György, 120	Vályi Adél, 109
Surján György, 165	Várkonyi Tamás, 100
Szabó Bálint, 169	Vassányi István, 58, 64, 76, 100, 104
Szabó Lili Adrienn, 100	Vassy Zsolt, 58
Szabó Patrícia, 127, 133	Zeyu Wang, 83, 91
Szabó Zoltán, 152	